



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

Ökobilanzielle Betrachtung von Getränkeverbundkartons in Deutschland

In den Getränkesegmenten Säfte und Nektare sowie H-Milch und Frischmilch

Benedikt Kauertz, Mirjam Busch und Jan Bader

Heidelberg, Oktober 2020



Kurzzusammenfassung

Anlass der Studie:

Die Ergebnisse der UBA-Ökobilanzen aus den Jahren 1995, 2000 und 2002 haben dazu geführt, dass der Getränkekarton in der Verpackungsverordnung als ökologisch vorteilhafte Einweggetränkeverpackung geführt wurde. Auch in allen nachfolgenden Studien (ifeu 2004, ifeu 2006) zeigten die untersuchten Getränkekartons ein den Mehrwegreferenzsystemen vergleichbares und gegenüber den am Markt befindlichen Einwegverpackungen überlegenes Umweltprofil.

Diese Bewertung wird allerdings nicht von allen Akteuren geteilt. Dabei wird meist auf Einzelaspekte der Verpackungsgestaltung und der Recyclingfähigkeit oder methodische Fragen abgestellt. Obwohl die FKN Ökobilanz 2018 nach den neuen methodischen Anforderungen des UBA erstellt wurde, konnten die Diskussionen nicht vollumfänglich aufgelöst werden. Daher erfolgt nun eine ergänzte und umfangreich überarbeitete Neuauflage dieser Studie. Ziel ist:

- eine umfassende und fachlich fundierte Aufbereitung von Ergebnissen zu den Umweltauswirkungen von Getränkeverpackungen für Milch und Fruchtsäfte auf Basis einer vollständigen Systemmodellierung mittels der Ökobilanzmethodik
- eine transparente und nachvollziehbare Darstellung der Auswertestrategie. Dabei werden auch alternative Ansätze berücksichtigt und bewertet. Die Studie nimmt dabei die vom UBA als sachgerecht erachteten Teile der Kritik der deutschen Umwelthilfe an der 2018er Studie auf.
- ein gut lesbares Dokument zu erarbeiten, das den aktuellen Stand der Diskussion dokumentiert, und das es allen Leserinnen und Lesern ermöglicht, sich ein eigenes Bild von den potenziellen Umweltwirkungen zu machen.

Die Studie richtet sich primär an politische Entscheidungsträger und eine interessierte Fachöffentlichkeit.

Ergebnisse der Studie:

Für alle untersuchten Verpackungssysteme (Auswahl -> Kap. 2.5 und Beschreibung -> Kap. 4) wurden verschiedene potenzielle Umweltfolgen in Form von Wirkungskategorien bilanziert (-> Kap. 3.7) Dabei kommen verschiedene methodische Festlegungen zur Anwendung (-> Kap. 3) die durch die Mindestanforderungen des UBA gedeckt sind bzw. diese sinnvoll ergänzen bzw. erweitern. Die Ergebnisse der Ökobilanz lassen sich in Reflexion der abgeleiteten und angewendeten Auswertestrategien (-> Kap. 8.2) wie folgt verdichten:

- Im Getränkesegment Säfte und Nektare haben die 1,0-Liter- und 1,5-Liter-Getränkekartons und die 1,0-Liter-Glas-Mehrwegflasche signifikante Vorteile gegenüber den 1,0-Liter-PET-Einwegflaschen. Der 1,5-Liter-Getränkekarton und der 1,0-Liter-Getränkekarton zeigen ein ökobilanzielles Profil, das in der Gesamtschau der diskutierten Ergebnisse keine signifikanten Vor- oder Nachteile gegenüber der 1,0-Liter-Glas-Mehrwegflasche (VdF Pool-Flasche) erkennen lässt.
 - Im Getränkesegment Frischmilch zeigt der 1,0-l-Getränkekarton in der Gesamtschau der diskutierten Ergebnisse Vorteile gegenüber dem Referenzsystem 1,0-Liter-Glas-Mehrwegflasche und der 1,0-Liter-PET-Einwegflasche.
-

Kurzzusammenfassung

- **Im Getränkesegment H-Milch zeigt der 1,0-Liter-Getränkekarton in der Gesamtschau der diskutierten Ergebnisse signifikante Vorteile im Vergleich mit der 1,0-Liter-PET-Einwegflasche. Ein für die durchschnittlichen deutschen Verhältnisse repräsentatives Mehrwegsystem konnte in diesem Getränkesegment nicht ermittelt werden.**

Die Ergebnisse der Studie sind ein Spiegel der Eingangsparameter und der methodischen Festlegungen. Im Rahmen der Ableitung der Parameter wurde stets darauf geachtet, die Vergleichssysteme sachgerecht abzubilden. Den Empfehlungen des UBA folgend, wurde bei Unsicherheiten die Sachlage tendenziell positiv für die Mehrweg-Referenzsysteme abgeleitet.

Bewertung der Ergebnisse vor dem Hintergrund der aktuellen umweltpolitischen Diskussion:

Die politische Diskussion um Fragen der Getränkeverpackungen fokussiert sich seit Jahren auf das Thema Einweg vs. Mehrweg. Aus Sicht der Autoren dieser Studie wird dabei häufig die zwingend notwendige Differenzierung zwischen den Getränkesegmenten und den Verpackungssystemen außer Acht gelassen. So lassen sich anhand der Ergebnisse dieser Studie keine pauschalen Urteile über Einweg oder Mehrweg ableiten.

Der Vergleich der Ergebnisse zeigt in der Einzelbetrachtung spezifischer Umweltproblemfelder und möglicher ergänzender Performancekriterien grundsätzlich Vor- und Nachteile (-> Kapitel 8.3) für alle bilanzierten Verpackungen. Eine erratische Auswahl einzelner Parameter wie Klimawandel, Recyclingfähigkeit oder Naturraumbeanspruchung kann der vielschichtigen Diskussion in keiner Weise gerecht werden.

Ebenso verbietet sich aus wissenschaftlicher Sicht ein Aufrechnen einzelner potenzieller Umweltproblemfelder gegeneinander (bspw. Klimawandel vs. Flächenbelegung oder miteinander bspw. EinIndikator). Für eine ganzheitliche Umweltbewertung braucht es den gemeinsamen Blick, wie ihn nur die differenzierte Ökobilanz inklusive der Auswertung bieten kann.

Auch der schlichte Verweis auf die Abfallhierarchie kann eine Diskussion um die potenziellen Umweltauswirkungen unterschiedlicher Verpackungskonzepte nicht ersetzen. Das Aufkommen fester Abfallstoffe und deren Behandlung ist nur einer von vielen umweltrelevanten Aspekten. Wichtiger ist es, das gesamte Umweltprofil der einzelnen Verpackungen im Blick zu behalten und vorhandene oder neue politische Steuerungsmodelle so einzusetzen, dass vorhandene Vorteile gestärkt und bestehende Nachteile langfristig minimiert werden.

Den politischen Akteuren und den Akteuren der Wirtschaft sei empfohlen, die hier vorgelegten Studienergebnisse zur Kenntnis zu nehmen und sie bei der Fortentwicklung der regulatorischen Instrumente, bei der Definition von Maßnahmen und bei der Erstellung von Kampagnen in ausreichendem Maße transparent zu verarbeiten.

Den Wunsch nach einer Schwarz-Weiß-Differenzierung der deutschen Getränkeverpackungslandschaft können die Ergebnisse dieser Ökobilanz nicht bedienen.

Kurzzusammenfassung

Änderungen und Ergänzungen in der aktuellen Studie:

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden einige inhaltliche und methodische Updates im Vergleich zur Studie aus dem Jahr 2019 umgesetzt.

Größere Änderungen gibt es vor allem im methodischen Bereich, wobei es sich dabei vornehmlich um Ergänzungen handelt, die sich durch die Diskussion um die Studie aus dem Jahr 2019 ergeben haben. Im Detail handelt es sich dabei um die folgenden Punkte:

- Auswahl von Wirkungskategorien im Rahmen der Wirkungsabschätzung, die eine valide Beurteilung der zu erwartenden Umweltproblemfelder zulassen. Dabei wurde immer dann von der Liste der Wirkungskategorien entsprechend der UBA Mindestanforderungen abgewichen, wenn diese im Rahmen der 2019er Studie aufgrund methodischer Mängel verworfen werden mussten wie bspw. KRA zur Abbildung der Ressourcen oder das USEtox Modell (-> Kap. 3.7).

Anmerkung: Im Rahmen der Auswertung der aktuellen Studie werden keine Wirkungskategorien aus der Ergebnisfindung ausgeklammert und somit alle potenziellen Umweltproblemfelder benannt. Wohl aber findet eine Bewertung der Validität der Wirkungskategorien Eingang in die Auswertung.

- Ergänzung von Performancekategorien, die keine Umweltproblemfelder beschreiben, wohl aber zusätzliche Informationen für die Diskussion um die Verpackungssysteme bereitstellen wie Recyclingfähigkeit, Litteringwahrscheinlichkeit etc. Diese zusätzlichen Kategorien ermöglichen es, die Diskussion um diese Themen und die Ergebnisse der Ökobilanz zukünftig auf Basis einer einheitlichen Datengrundlage zu führen (-> Kap. 3.8 und 7.4).
- Ergänzung zusätzlicher Auswertestrategien neben der durch die UBA-Mindestanforderungen festgelegten „Bewertung 1999“, welche stärker die Validität der Wirkungskategorien und die geographische Dimension der potenziellen Umweltwirkungen berücksichtigen (-> Kap. 8.2).
- Ergänzung eines EinIndikators als zusätzliche Ebene der Auswertung. Diese Ergänzung erfolgte auf Wunsch des UBA, die Autoren der Studie bewerten den EinIndikator als wenig belastbar (-> Kap. 3.7.2 und Kap. 8.3.5).
- Ergänzung der Vergleiche um ein weiteres Basisszenario: Die vollständige Zuschreibung von Lasten und Nutzen der Entsorgung (einschl. Recycling) zum untersuchten System (100% Allokation). Dieses ergänzt die übliche Aufteilung zwischen untersuchtem System und nachfolgendem System in gleichen Teilen (50:50). Dies ermöglicht eine klarere Aussage über die Unterschiede der Systemleistung ohne ggf. strittige Zuordnungseffekte (-> Kap. 3.4.1).

Hinsichtlich der ergebnisrelevanten Systemparameter wurde geändert:

- Umsetzung der neuen Distributionsdaten für alle bilanzierten Szenarien (-> Kap. 4.3)
- Ableitung und Bilanzierung neuer Daten zur Abfüllung und Reinigung von Glas Mehrwegflaschen (-> Kap. 4.4)

Darüber hinaus wurden folgende Datensätze aktualisiert:

- Datensatz zur Abbildung der Aluminiumproduktion (-> Kap. 5.1.6)

Weitere Ergänzungen gibt es hinsichtlich der Dokumentation methodischer Festlegungen und der Beschreibung des Vorgehens bei der Ableitung einer Auswertestrategie.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	11
1 Vorwort	12
2 Ziel und Rahmen der Untersuchung	14
2.1 Gründe für die Durchführung der Studie	14
2.2 Vorgesehene Verwendung	16
2.3 Zielgruppen	16
2.4 Angaben zur Veröffentlichung der Ökobilanz-Studie	17
2.5 Auswahl der zu untersuchenden Verpackungssysteme	18
2.5.1 Festlegung der zu untersuchenden Getränkesegmente	18
2.5.2 Mindestanforderungen an die Auswahl der zu untersuchenden Getränkeverpackungssysteme	19
2.5.3 Auswahl der zu untersuchenden Getränkeverpackungssysteme	21
3 Methodische Festlegungen	27
3.1 Funktionelle Einheit für den Vergleich	27
3.2 Definition des Systemraums – Systemgrenzen	27
3.2.1 Technische Systemgrenze	28
3.2.2 Geographische Systemgrenze	30
3.2.3 Zeitliche Systemgrenze	30
3.3 Abschneidekriterien	31
3.4 Allokation	32
3.4.1 Systemallokation	32
3.4.2 Allokation innerhalb der Distribution	37
3.4.3 Prozessallokation	42
3.5 Umgang mit inkorporierten Kohlenstoff	43
3.6 Anforderungen an die Datenqualität	45
3.6.1 Datentypen bei Prozessdaten	45
3.6.2 Datenarten	46
3.6.3 Einordnung der Datenqualität	46
3.7 Wirkungskategorien und Wirkungsindikatoren	47
3.7.1 Verbindliche Bestandteile – Wirkungskategorien	47
3.7.2 Optionale Bestandteile – Normierung, Ordnung, Gewichtung	51
3.8 Ergänzende Performanceindikatoren	52

Inhalt

3.9	Vorgehen bei der Auswertung	54
4	Ermittlung relevanter Systemparameter	56
4.1	Beschreibung der zu untersuchenden Verpackungssysteme	57
4.1.1	Mindestanforderungen an die Beschreibung der zu untersuchenden Verpackungssysteme	57
4.1.2	Ermittlung der Packmittelgewichte	57
4.1.3	Verpackungsspezifikationen der Getränkeverbundkartons	58
4.1.4	Verpackungsspezifikationen der PET-Einwegflaschen	61
4.1.5	Verpackungsspezifikationen der Glas-Mehrwegflaschen	64
4.1.6	Einschätzung der Datenqualität der Verpackungsspezifikationen	67
4.2	Umlaufzahlen von Mehrweggebinden	68
4.2.1	Mindestanforderungen an die Ermittlung der Umlaufzahlen	68
4.2.2	Ermittlung der Umlaufzahlen bei Mehrwegsystemen	68
4.2.3	Umlaufzahlen von 1,0-l-Glas-Mehrwegflaschen im Getränkesegment Säfte und Nektare	69
4.2.4	Umlaufzahlen von 1,0-l-Glas-Mehrwegflaschen im Getränkesegment Frischmilch	73
4.2.5	Einschätzung der Datenqualität	74
4.2.6	Umlaufzahlen der Um- und Transportverpackungen	75
4.3	Distribution von Mehrweg- und Einwegverpackungen	76
4.3.1	Mindestanforderungen an die Beschreibung der Distributionsstruktur	76
4.3.2	Vorgehen bei der Ermittlung des Distributionsstrukturen	76
4.3.3	Distributionsstruktur im Getränkesegment Soft	77
4.3.4	Distributionsstruktur in den Getränkegruppen H-Milch und Frischmilch	82
4.3.5	Einschätzung der Datenqualität	84
4.4	Abfüllung von Mehrweg- und Einweggebinden	86
4.4.1	Mindestanforderungen an die Ableitung von Abfülldaten	86
4.4.2	Zusammenstellung und Vergleich versch. Abfülldaten für die untersuchten Getränkeverpackungssysteme	86
4.4.3	Einschätzung der Datenqualität	88
4.5	Entsorgungswege gebrauchter Packmittel	88
4.5.1	Mindestanforderungen an die Beschreibung der Entsorgungswege	88

Inhalt

4.5.2	Ableitung der Entsorgungswege	90
4.5.3	Beschreibung der Entsorgungswege gebrauchter Packmittel	94
4.5.4	Einschätzung der Datenqualität	97
5	Dokumentation der verwendeten Datensätze	98
5.1	Herstellung der Rohmaterialien	99
5.1.1	Datensatz PP (Polypropylen)	99
5.1.2	Datensatz HDPE (High density polyethylene)	100
5.1.3	Datensatz LDPE (Low density polyethylene)	100
5.1.4	Datensatz PET (Polyethylenterephthalat)	100
5.1.5	Polyamid (PA 6)	100
5.1.6	Rohmaterial-Herstellung Aluminiumbarren, -bänder, -folie	101
5.1.7	Herstellung von Weißblech	101
5.1.8	Herstellung von Rohkarton für Getränkekartons	101
5.1.9	Herstellung von Wellpappe und Karton-Trays	102
5.1.10	Herstellung von Titan-Dioxid	102
5.1.11	Herstellung von Carbon Black	102
5.2	Produktion der Packmittel	102
5.2.1	Herstellung der Getränkekartons	102
5.2.2	Herstellung der Kunststoffflaschen	103
5.2.3	Herstellung von Glas und Glasflaschen	103
5.2.4	Herstellung von Verschlüssen aus Kunststoff	103
5.2.5	Herstellung von Verschlüssen aus Weißblech	104
5.2.6	Herstellung von Verschlüssen aus Aluminium	104
5.3	Prozesse bei der Verwertung der Packmittel	104
5.3.1	Verwertung von Getränkekartons	104
5.3.2	Verwertung von PET-Flaschen	105
5.3.3	Verwertung von Glas-Mehrwegflaschen	105
5.3.4	Energetische Verwertung	106
5.4	Hintergrunddaten	107
5.4.1	LKW-Transporte	107
5.4.2	Verwendeter Strommix	107
6	Bilanzierte Szenarien	109
6.1	Basisszenarien	109
6.2	Sensitivitätsanalysen und Varianten	110

Inhalt

7	Ergebnisse der Bilanzierung	112
7.1	Referenzfluss	112
7.2	Ergebnisse der Wirkungsabschätzung	113
7.2.1	Ergebnisse der Basisszenarien	113
7.2.2	Dominanzanalyse	115
7.2.3	Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen und Varianten	122
7.3	Optionale Bestandteile – Normierung	125
7.4	Ergebnisse der ergänzenden Performanceindikatoren	126
8	Auswertung	129
8.1	Identifikation signifikanter Parameter	129
8.2	Auswertestrategie	131
8.2.1	Ableitung einer ökologischen Priorität gem. Bewertung 1999	132
8.2.2	Einschätzung der Belastbarkeit der Wirkungskategorien	134
8.2.3	Lokalisierung potenzieller Umweltwirkungen	136
8.2.4	Zusammenfassung	137
8.3	Ergebnisvergleich der Basisszenarien	138
8.3.1	Ergebnisse für das Getränkesegment Säfte und Nektare	139
8.3.2	Ergebnisse für das Getränkesegment H-Milch	143
8.3.3	Ergebnisse für das Getränkesegment Frischmilch	145
8.3.4	Zusammenfassung der Vergleichsergebnisse	146
8.3.5	Exkurs: Auswertung der Umweltbelastungspunkte	146
8.4	Beurteilung und Diskussion der Ergebnisse	147
8.4.1	Sensitivitätsanalyse zur getränkesegmentspezifischen Distribution	147
8.4.2	Sensitivitätsanalyse zur Umlaufzahl der Glas-Mehrweg-Gebinde	148
8.4.3	Sensitivitätsanalyse zum PA Datensatz der PET-Einwegflaschen im Getränkesegment Säfte und Nektare	149
8.4.4	Zusammenfassende Beurteilung	150
8.5	Vergleich der Einwegsyste me untereinander	151
9	Interpretation, Schlussfolgerungen und Empfehlungen	154
	Literaturverzeichnis	160

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1:	Verpackungsgruppen im Getränkesegment Säfte und Nektare	22
Abbildung 3.2:	Verpackungssysteme im Getränkesegment Säfte und Nektare	22
Abbildung 3.3:	Verpackungsgruppen in der Getränkegruppe H-Milch	23
Abbildung 3.4:	Verpackungssysteme in der Getränkegruppe H-Milch	24
Abbildung 3.5:	Verpackungsgruppen in der Getränkegruppe Frischmilch	25
Abbildung 3.6:	Verpackungssysteme in der Getränkegruppe Frischmilch	26
Abbildung 4.3:	Technische Systemgrenze (vereinfachte Darstellung) für Getränkeverbundkartons in den Getränkesegmenten pasteurisierte Milch und H-Milch; Säfte und Nektare	29
Abbildung 4.4:	Technische Systemgrenze (vereinfachte Darstellung) für PET-Einwegflaschen im Getränkesegment pasteurisierte Milch und H-Milch	29
Abbildung 4.5:	Technische Systemgrenze (vereinfachte Darstellung) für Glas-Mehrwegflaschen in den Getränkesegmenten pasteurisierte Milch und H-Milch; Säfte und Nektare	30
Abbildung 4.6:	Schema für nicht gekoppelte Systeme	34
Abbildung 4.7:	Schema für gekoppelte Systeme	34
Abbildung 4.8:	Schema für gekoppelte Systeme 50%-Allokation	35
Abbildung 4.9:	Schema für gekoppelte Systeme 100%-Allokation	35
Abbildung 4.10:	Aufteilung der Umweltbeeinflussungen (Kraftstoffverbrauch und Emissionen) in den konstanten Anteil B (leer) (gelb) und den auslastungsabhängigen Anteil B (Last) (orange)	38
Abbildung 4.11:	Fall 1, hypothetischer Idealfall ohne Verpackungsmasse, volle Auslastung (VP: Verpackung; FG: Füllgut)	40
Abbildung 4.12:	Fall 2, volle Auslastung (VP: Verpackung; FG: Füllgut)	41
Abbildung 4.13:	Fall 3, nicht verpackungsbedingte Unterauslastung von 12,5 % (VP: Verpackung; FG: Füllgut)	41
Abbildung 4.14:	Fall 4, verpackungsbedingte Unterauslastung von 12,5 % (VP: Verpackung; FG: Füllgut)	42
Abbildung 3.7:	Verpackungsspezifikation GVK in g pro Stück	59
Abbildung 3.8:	Verpackungsspezifikationen PET Einweg in g pro Stück	63
Abbildung 3.9:	Verpackungsspezifikationen Glas-MW in g pro Stück	66
Abbildung 3.10:	Identifikation der Distributionswege am Beispiel einer H-Milch-Verpackung	77
Abbildung 3.11:	In der Studie verwendetes Distributionsmodell	81
Abbildung 4.6:	Relativer Vergleich von Abfüllwerten für Glas Mehrwegflaschen (Getränkesegment Saft)	87

Abbildung 4.7: Relativer Vergleich der Abfülldaten im Getränkesegment Säfte und Nektare	87
Abbildung 4.7: Relativer Vergleich der Abfülldaten im Getränkesegment H-Milch	87
Abbildung 4.7: Relativer Vergleich der Abfülldaten im Getränkesegment Frischmilch	88
Abbildung 3.12: Schematische Darstellung des Modells zur Umrechnung der Quoten	92
Abbildung 4.7: Stoffstrom innerhalb der Verwertung von Getränkekartons inkl. Verschlüsse (aufgedreht und lose)	95
Abbildung 5.1: Energieversorgungsmixe in Deutschland und Europa (EU28) 2015 sowie einige indikative Umweltauswirkungen	108
Abbildung 7.1: Referenzfluss an Verpackungsmaterial in den Systemen pro 1.000 Liter Füllgut	112
Abbildung 7.2: Referenzfluss an Verpackungsmaterial - Neueinspeisung in die Systeme pro 1.000 Liter Füllgut	113
Abbildung 7.3: Alle Nettoergebnisse der Bilanzierung mit dem Allokationsfaktor 50	114
Abbildung 7.4: Alle Nettoergebnisse der Bilanzierung mit dem Allokationsfaktor 100	114
Abbildung 7.5: Dominanzanalyse 1,0-l-GVK im GS Säfte und Nektare; links Klimawandel, rechts aq. Eutrophierung	116
Abbildung 7.6: Dominanzanalyse 1,5-l-GVK im GS Säfte und Nektare; links Klimawandel, rechts aq. Eutrophierung	117
Abbildung 7.7: Dominanzanalyse 1,0-l-PET-EW-Mono im GS Säfte und Nektare; links Klimawandel, rechts ODP	117
Abbildung 7.8: Dominanzanalyse 1,0-l-PET-EW-Multi im GS Säfte und Nektare links Klimawandel, rechts ODP	118
Abbildung 7.9: Dominanzanalyse 1,5-l-PET-EW-Mono im GS Säfte und Nektare links Klimawandel, rechts ODP	118
Abbildung 7.10: Dominanzanalyse 1,0-l-Glas-MW (VdF) im GS Säfte und Nektare; links Klimawandel, rechts Sommersmog	119
Abbildung 7.11: Dominanzanalyse 1,0-l-GVK im GS H-Milch; links Klimawandel, rechts aq. Eutrophierung	120
Abbildung 7.12: Dominanzanalyse 1,0-l PET-EW im GS H-Milch; links Klimawandel, rechts ODP	120
Abbildung 7.13: Dominanzanalyse 1,0-l -GVK im GS Frischmilch; links Klimawandel, rechts aq. Eutrophierung	121
Abbildung 7.14: Dominanzanalyse 1,0-l PET- EW im GS Frischmilch links Klimawandel, rechts ODP	121
Abbildung 7.15: Dominanzanalyse 1,0-l-Glas- MW im GS Frischmilch links Klimawandel, rechts Sommersmog	122
Abbildung 7.16: Alle Nettoergebnisse der Sensitivitätsanalyse zur getränkesegmentspezifischen Distribution (AF 50)	123
Abbildung 7.17: Alle Nettoergebnisse der Sensitivitätsanalyse zu den Umlaufzahlen (AF 50)	123

Abbildung 7.18: Alle Nettoergebnisse der Sensitivitätsanalyse zum verwendeten PA Datensatz (AF 50)	124
Abbildung 7.19: Alle Nettoergebnisse der Sensitivitätsanalyse zur optimierten PET-EW-Flasche im GS Säfte und Nektare (AF 50)	124
Abbildung 7.20: Ergebnisse der Normierung der Basisszenarien AF 50	126
Abbildung 7.23: Ergebnisse der ergänzenden Performanceindikatoren	127
Abbildung 8.1: Relativer Ergebnisvergleich der Basisszenarien im Getränkesegment Säfte und Nektare unter Anwendung der Signifikanzschwelle	139
Abbildung 8.2: Relativer Ergebnisvergleich der Basisszenarien in den Getränkesegmenten H-Milch und Frischmilch unter Anwendung der Signifikanzschwelle	144
Abbildung 8.3: Vergleich der Ergebnismuster der Basisszenarien mit den Ergebnissen der Sensitivität zur getränkesegmentspezifischen Distribution	148
Abbildung 8.4: Vergleich der Ergebnismuster der Basisszenarien mit den Ergebnissen der Sensitivität zu den Umlaufzahlen der Glas MW Gebinde	149
Abbildung 8.5: Vergleich der Ergebnismuster der Basisszenarien mit den Ergebnissen der Sensitivität zum PA Datensatz	150
Abbildung 8.6: Ergebnisse der Variantenberechnung zu den optimierten PET EW Gebinden im Getränkesegment Säfte und Nektare im Vergleich mit dem Referenzsystem Glas-MW 1,0-Liter (VdF)	152
Abbildung 8.7: Ergebnisse der Variantenberechnung zu den optimierten PET-EW-Gebinden im Getränkesegment Säfte und Nektare im Vergleich mit gleichvolumigen Getränkeverbundkartons	153

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1:	Zusammenstellung der Verpackungsspezifikationen der Getränkeverbundkartons	60
Tabelle 3.2:	Zusammenstellung der Verpackungsspezifikationen der PET-Einwegflaschen	64
Tabelle 3.3:	Zusammenstellung der Verpackungsspezifikationen der Glas-Mehrwegflaschen	67
Tabelle 3.4:	Umlaufzahl der 1,0-l-VdF-Glasflasche	72
Tabelle 3.5:	Verpackungssystemspezifische Distributionsstruktur im Getränkesegment Saft	82
Tabelle 3.6:	Getränkesegmentspezifische Distributionsstruktur im Getränkesegment Saft	82
Tabelle 3.7:	Verpackungssystemspezifische Distributionsstruktur in der Getränkegruppe H-Milch	83
Tabelle 3.8:	Getränkesegmentspezifische Distributionsstruktur in der Getränkegruppe H-Milch	83
Tabelle 3.9:	Verpackungssystemspezifische Distributionsstruktur in der Getränkegruppe Frischmilch	84
Tabelle 3.10:	Getränkesegmentspezifische Distributionsstruktur in der Getränkegruppe Frischmilch	84
Tabelle 3.11:	Quotenregime für Primärverpackungen	94
Tabelle 3.12:	Quotenregime für Um- und Transportverpackungen	94
Tabelle 5.1:	Übersicht der in dieser Studie verwendeten Inventardatensätze	98
Tabelle 5.2:	Heizwert und C-Gehalt unterschiedlicher primärer und sekundärer Energieträger	106
Tabelle 8.1:	Ableitung der ökologischen Priorität für das Getränkesegment Säfte und Nektare	133
Tabelle 8.2:	Zusammenfassung der verschiedenen Auswertestrategien	138

1 Vorwort

2019 publizierte der Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V. (FKN) eine Studie zur ökobilanziellen Bewertung von Getränkeverbundkartons im Vergleich mit PET-Einweg- und Glas-Mehrwegflaschen in den Getränkesegmenten Saft/ Nektar, H-Milch und Frischmilch. Es handelte sich um die erste Studie, die nach den aktualisierten methodischen Anforderungen des Umweltbundesamtes (UBA) erstellt wurde. Nun, nicht einmal zwei Jahre später, erfolgt eine neue Publikation zum identischen Thema. Dies wirft natürlich die Frage nach dem „Warum“ auf?

Die Gründe für die neue Studie sind vielfältig. Die Ergebnisse mussten aufgrund neuer Annahmen zur Getränkedistribution überarbeitet werden. Da die Ergebnisse von der Nachkalkulation nicht signifikant beeinflusst wurden, wäre dies mit einem kleinen Studienupdate möglich. Doch die hier vorliegende Studie ist mehr als nur ein kleines Zahlenupdate. Im Zuge der politischen Diskussion hat sich vor allem gezeigt, dass viele der UBA Mindestanforderungen zwar wissenschaftlich völlig korrekt und sachgerecht sind, in der praktischen Diskussion aber nur begrenzt weiterhelfen.

- Die Ableitung von Bilanzparametern ohne Mitwirkung der betroffenen Kreise ist schwierig. Die Mindestanforderungen schlagen zwar ein Vorgehen vor, in der Praxis ist es aber fehleranfällig und gibt den Autoren der Studie keinerlei Sicherheit für die nachträgliche Diskussion
- Die Auswertung der Ergebnisse nach Maßgabe der Auswertestrategie „Bewertung 1999“ ist möglich, lässt aber zu viele aktuelle Umweltdiskussionen der letzten 20 Jahre außer Acht, um noch als alleiniger Fahrplan für die Interpretation der Ergebnisse zu dienen

Somit hat sich zwischen dem UBA, dem BMU, dem FKN und den Autoren dieser Studie ein durchaus fruchtbarer Dialog um die Interpretation der Studienergebnisse entwickelt. Im Sommer 2020 wurde von den Autoren der Studie die Idee in den Raum gestellt, die gesammelte Diskussion zusammen mit den vorhandenen Ergebnissen in einer neuen Studie zu bündeln. Die 2020er Studie ist somit nicht neu, sie nutzt die Sachbilanzdaten und viele Textbausteine der 2019er Studie, doch hinsichtlich Gliederung, Bilanzierung und vor allem Auswertung wurden neue Wege beschritten. Ziel war es, den aktuellen Stand der Diskussion zu dokumentieren und ein gut lesbares Dokument zu erarbeiten, dass es allen Leserinnen und Lesern ermöglicht, sich ein eigenes Bild von den potenziellen Umweltwirkungen der Getränkeverpackungen in den Getränkesegmenten Säfte und Nektare sowie H-Milch und Frischmilch zu machen. Die Autoren verbinden dies mit der Hoffnung, einen sachorientierten Beitrag für die politische Diskussion um Getränkeverpackungen zu leisten. Dieser notwendige Diskurs sollte auf Basis wissenschaftlicher Fakten und vollständiger Transparenz mit dem Ziel geführt werden, eine langfristige Reduktion von Umweltauswirkungen durch die Herstellung, die Abfüllung, die Distribution und die Entsorgung von Getränkeverpackungen zu erreichen.

Der FKN ist nicht der formelle Auftraggeber der Studie; dennoch ist klar, dass der FKN der erste Adressat der Empfehlungen bleibt, hat er doch durch die Finanzierung der 2019er Studie inkl. aller Vor- und Fachgutachten die Grundlagen für dieses Werk gelegt.

2 Ziel und Rahmen der Untersuchung

Ziel der Studie ist der ökobilanzielle Vergleich von Getränkeverbundkartons (GVK) mit marktüblichen Einweg- und Mehrwegsystemen in den untersuchten Getränkesegmenten Saft, Frischmilch und H-Milch unter den Rahmenbedingungen der durchschnittlichen deutschen Verhältnisse.

Der Grundsatz der durchschnittlichen deutschen Verhältnisse meint dabei einen repräsentativen Durchschnitt der in Deutschland zum Referenzzeitraum erhältlichen Verpackungssysteme hinsichtlich Auswahl der zu untersuchenden Verpackungssysteme und deren Spezifikation sowie die Distributionsentfernungen, Erfassungs-, Sortier- und Recyclingquoten der Systeme.

Dabei sollen die vom Umweltbundesamt (UBA) erarbeiteten Mindestanforderungen für Getränkeverpackungsökobilanzen im politischen Kontext umgesetzt werden. Damit wird deutlich, dass die Studie vor allen Dingen als fachliche Grundlage für die politische Diskussion des FKN mit dem UBA und dem BMU verwendet werden soll. Die Diskussionen von bereits 2018 vorgelegten Ergebnissen haben gezeigt, dass sowohl seitens des UBA und des BMU als auch der Studienautoren ein gewisser Diskussions- und Erweiterungsbedarf an den Mindestanforderungen besteht – insbesondere hinsichtlich der Auswertung und Interpretation der Ergebnisse. Die hier vorgelegte Studie trägt diesem Bedarf Rechnung; Abweichungen von den und Erweiterungen der Mindestanforderungen werden im Text verdeutlicht.

2.1 Gründe für die Durchführung der Studie

Bereits in der ersten UBA-Ökobilanz aus dem Jahre 1995 wurde das ökobilanzielle Profil eines GVK mit den Ergebnissen anderer Einweg- und Mehrwegverpackungen im Getränkesegment Frischmilch verglichen (UBA 1995). In der UBA-II-Ökobilanz aus dem Jahr 2000 bzw. deren Phase 2 aus dem Jahr 2002 wurden die weiteren Getränkesegmente, in denen GVKs zumindest potenziell eingesetzt werden können (Saft, nicht karbonisierte Erfrischungsgetränke und stilles Mineralwasser), ergänzt (UBA 2000 und UBA 2002). In den Folgejahren 2004 und 2006 wurden darüber hinaus weitere Ökobilanzstudien seitens des FKN beauftrag¹, in denen der Vergleich vor dem Hintergrund sich verändernder Rahmenbedingungen und neuer Vergleichssysteme (Auftreten der PET-EW-Flaschen im Getränkesegment Saft ab Mitte der 2000er Jahre) wiederholt wurde (ifeu 2004 und ifeu 2006). In allen Studien zeigten die untersuchten GVKs in der Gesamtbewertung ein den Mehrwegreferenzsystemen vergleichbares und den übrigen, heute noch am Markt befindlichen Einwegverpackungen überlegenes Umweltprofil. Diese Ergebnisse haben auch dazu geführt, dass der GVK in der Verpackungsverordnung (VerpackV) lange Jahre als ökologisch vorteilhafte Einweggetränkeverpackung geführt und im Rahmen der MövE-Quote (MövE =

Die Ökobilanzierung von GVK kann in Deutschland auf eine lange Tradition zurückblicken.

¹ Es gibt darüber hinaus noch eine ältere Studie aus dem Jahre 1999, welche im Auftrag des FKN von Fraunhofer IVV durchgeführt wurde.

Mehrweg- und ökologisch vorteilhafte Einweggetränkeverpackungen gem. § 3 Abs. 4 der VerpackV) zusammen mit den Mehrwegsystemen als politisch gewollt eine entsprechende Förderung erfahren hat: so zum Beispiel die Befreiung von der Pfandpflicht.

Die auf die Ergebnisse der Ökobilanzstudien gestützte Bewertung wird dennoch nicht von allen Akteuren der Diskussion um die Umweltauswirkungen von Getränkeverpackungen geteilt. In den letzten Jahren werden verstärkt Zweifel an der Umweltbewertung gestreut. Dabei wird in der Argumentation meist auf Einzelaspekte wie bspw. die verstärkte Verwendung wiederverschließbarer Ausgusshilfen oder die Art der Verwertung der als Abfall gesammelten GVKs verwiesen. Die ganzheitliche Bilanzierung in einer Ökobilanz nimmt diese Aspekte in Form von Verpackungsspezifikationen oder der Modellierung von Entsorgungswegen stets mit auf; jedoch widerspricht der rechnerische Einfluss dieser Einzelparаметer auf das Gesamtergebnis der Verpackungssysteme oft der öffentlichen Erwartung, wie bereits die Ergebnisse der FKN-Studie aus den Jahren 2004 und 2006 gezeigt haben¹.

Diskussion um Ökobilanzergebnisse

Darüber hinaus erschweren methodische Änderungen bei der Allokation (Allokation innerhalb der Transportprozesse und System der Gutschriftenvergabe für Stoffströme, welche die definierte Systemgrenze passieren) und der Wirkungsabschätzung (insbesondere Auswahl der berücksichtigten Wirkungskategorien und teilweise auch deren Berechnungssystematik), die durch die gelebte internationale Praxis der Ökobilanzierung intendiert sind, die Fortschreibung und Vergleichbarkeit der vorhandenen Studien.

In dieser Gemengelage fehlt seitens der Politik ein klares Bekenntnis zum Verpackungssystem GVK. Im neuen Verpackungsgesetz wird die Pfandbefreiung des Getränkekartons zwar mit der ökologischen Vergleichbarkeit mit Mehrwegglasflaschen begründet, jedoch wurde der Terminus der „ökologisch vorteilhaften“ Einweggetränkeverpackung gestrichen. Darüber hinaus bezieht sich die noch immer vorhandene Zielquote nunmehr nur noch auf Mehrwegsysteme. Auch die starke Fokussierung der öffentlichen und rechtlichen Diskussion auf das Recycling und den Einsatz von Rezyklaten (§21 VerpackG) verstellt zunehmend den Blick auf gesamtökologische Zusammenhänge.

Standpunkt der Politik

Vor diesem Hintergrund bedarf es nach Meinung der Auftraggeber einer neuen unabhängigen Studie, in welcher das Verpackungssystem GVK unter den Randbedingungen der durchschnittlichen deutschen Verhältnisse ganzheitlich bilanziert wird, um zu untersuchen, ob GVKs noch immer eine den Mehrweggebinden vergleichbare und den konkurrierenden Einweggebinden überlegene Umweltbewertung erzielen. Dazu werden die marktüblichen GVK-Systeme in den Getränkesegmenten Saft sowie den Getränkegruppen Frischmilch und H-Milch untersucht und jeweils mit den anderen im Getränke-segment marktüblichen Mehrweg- und Einwegverpackungen verglichen.

Anlass der Studie

Bereits im Jahr 2018 wurde seitens des FKN eine neue Studie zur ökobilanziellen Positionierung von Getränkeverbundkartons in den Getränkesegmenten Säfte und Nektare sowie H-Milch und Frischmilch vorgelegt. Dabei kamen die seitens des UBA vorgelegten Mindestanforderungen an Getränkeverpackungsökobilanzen zur vollumfänglichen Anwendung. Die Studie wird seitens des ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH Heidelberg (ifeu) durchgeführt und einem begleitenden kritischen Gutachten unterzogen. Zudem war das UBA direkt in den Prozess der Studienerstellung beteiligt. Diese Maßnahmen dienen der Transparenz und Nachvollziehbarkeit bei der Studienerstellung.

Diskussion um die 2018er Studie und Neuauflage 2020

¹ Auch dort wurden bereits Ausgusshilfen und Verschlüsse auf GVK-Systemen bilanziert

Die Studie von 2018 reklamierte für sich, die erste Ökobilanz nach den neuen Mindestanforderungen für Getränkeverpackungsökobilanzen des Umweltbundesamtes zu sein. Im Sinne eines Pilotvorhabens hat diese Studie auch gezeigt, welche Fehlstellen in den Mindestanforderungen noch bestehen – insbesondere bei der Ableitung von Daten ohne aktive Einbindung der jeweiligen Systembetreiber. Nachträgliche Anpassungen einzelner Bilanzparameter sowie Diskussionen um die Interpretation der Ergebnisse zwischen den Studienautoren, dem FKN und dem UBA/BMU haben zu der Entscheidung geführt, die Studie mit den Parametern der 2018er Studie zu wiederholen und im Rahmen der Auswertung deutlich umfassender zu gestalten. Die eigentlichen Gründe für die Durchführung der Studie sind 2020 noch immer dieselben wie 2018.

2.2 Vorgesehene Verwendung

Die vorliegende Studie dient dazu, faktenbasierte Argumente für den Sachdialog mit allen Akteuren der Diskussion um die Umweltbewertung von Getränkeverbundkartons in den Getränkesegmenten Säfte und Nektare, H-Milch und Frischmilch zu liefern. Insbesondere ist die Studie dafür vorgesehen, dem Umweltbundesamt (UBA) und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) im Kontext des Verpackungsgesetzes (VerpackG) vorgelegt zu werden.

Die Studie dient somit primär dem Einsatz in der politischen Diskussion um den Status quo. Es sind keine in die nahe oder ferne Zukunft gerichteten Optimierungsszenarien enthalten, aus denen sich Prognosen hinsichtlich der zukünftigen ökobilanziellen Positionierung einzelner Verpackungssysteme ableiten lassen. Die durchgeführten Sensitivitäten dienen lediglich der Überprüfung von Annahmen definierter ergebnisrelevanter Parameter (Ausnahme: in Form einer Sensitivität wird für das Getränkesegment Säfte und Nektare die ökobilanzielle Position des GVK mit der einer recyclingfähigen PET-Einwegflasche verglichen). Auch taugt die Studie nur bedingt für werbliche Zwecke, da sie die durchschnittlichen deutschen Verhältnisse untersucht, so dass keine hinreichend detaillierten Aussagen für einzelne Produkte oder spezifische Verpackungsspezifikationen ableitbar sind.

Verwendung der Ergebnisse

2.3 Zielgruppen

Zielgruppen der Studie sind zunächst einmal der FKN und die von ihm vertretenen Unternehmen Elopak, SIG Combibloc und Tetra Pak. Die Bilanzergebnisse dienen deren Information über die ökobilanzielle Positionierung der GVK in Vergleich zu den marktüblichen Einweg- und Mehrwegsystemen in den untersuchten Getränkesegmenten Saft sowie den Getränkegruppen Frischmilch und H-Milch unter durchschnittlichen deutschen Verhältnissen.

Dem Auftraggeber obliegt dann die weitere Verteilung des Berichtes bzw. der daraus abgeleiteten Aussagen. Insofern gehören in den erweiterten Kreis der Zielgruppe auch Akteure aus Politik und Wirtschaft sowie Vertreter der Zivilgesellschaft im Sinne von Nicht-Regierungs-Organisationen sowie die interessierte Öffentlichkeit. Die Ergebnisse der Studie sollen einen sachorientierten Dialog über die ökobilanzielle Positionierung der GVK im Vergleich zu den marktüblichen Einweg- und Mehrwegsystemen in den untersuchten Getränkesegmenten Saft sowie den Getränkegruppen Frischmilch und H-Milch unter durchschnittlichen deutschen Verhältnissen ermöglichen. Die Studie soll auch die Diskussion um

die Ergebnisrelevanz einzelner Parameter wie Verpackungsspezifikationen und Entsorgungswege aufgreifen.

Im genannten Adressatenkreis sind insbesondere das UBA und das BMU anzusprechen. Der vorliegende Bericht erhebt den Anspruch, die erste vollständige Studie nach Maßgabe der Mindestanforderungen des UBA an Getränkeverpackungsökobilanzen zu sein. Daher hat insbesondere das UBA die Gelegenheit genutzt, den Prozess der Studiererstellung zu begleiten. Eine entsprechende Vorstellung der finalen Studienergebnisse beim UBA und BMU ist vorgesehen.

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. Vor diesem Hintergrund ist es notwendig, die definierten Zielgruppen in eine Hierarchie einzuordnen:

Zielgruppe der Studie

- Zielgruppe 1: Auftraggeber (FKN und die von ihm vertretenen Häuser Elopak, SIG Combibloc und Tetra Pak)
- Zielgruppe 2: Akteure aus Politik und Wirtschaft, die fachlich mit der Thematik Ökobilanz und Verpackung befasst sind (UBA, BMU, aber auch entsprechende politisch tätige Umweltarbeitskreise der Getränke- und Milchwirtschaft)
- Zielgruppe 3: Vertreter der Zivilgesellschaft im Sinne von Nicht-Regierungs-Organisationen
- Zielgruppe 4: Interessierte Öffentlichkeit

Der Bericht wird in erster Linie für die Zielgruppe 1 und 2 geschrieben und setzt somit bei den Leserinnen und Lesern der Studie ein Mindestmaß an Verständnis für das Thema „Ökobilanzierung von Getränkeverpackungen“ voraus. Zielgruppe 1 obliegt die weitere Verteilung des Berichtes bzw. der Studienergebnisse – möglicherweise in kondensierter Form, je nach intendiertem Zweck. Ausgehend vom Studiendesign werden die politischen Akteure sicherlich die ersten Adressaten innerhalb der Zielgruppe 2 sein. Gewiss wird der FKN die Studienergebnisse auch in seiner Pressearbeit nutzen und die dem FKN angeschlossenen Häuser die Ergebnisse zumindest teilweise auch für sich selbst verwenden. Da bereits innerhalb der Zielgruppe 2 der mögliche Adressatenkreis breit gestreut ist, kann die textliche Aufbereitung hinsichtlich Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit der Studie nur die Zielgruppe 1 adressieren. Die Anforderungen der Zielgruppe 4 sind nicht mit denen der Zielgruppe 1 in Übereinstimmung zu bringen. Es bedarf daher für die Information der Öffentlichkeit eine deutlich kondensierte Aufbereitung der Studienergebnisse und auch deren Limitierung. Es wird im Nachgang der Studie zu entscheiden sein, ob und wenn ja über welche Kanäle bzw. mittels welcher Multiplikatoren die Studienergebnisse einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden können.

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.

2.4 Angaben zur Veröffentlichung der Ökobilanz-Studie

Die vorliegende Studie nutzt Daten und Modelle, die bereits im Jahr 2019 im Rahmen einer Ökobilanzstudie hinsichtlich ihrer ISO Konformität testiert wurden. Änderungen hinsichtlich der bilanzierten Wirkungskategorien und der angewendeten Auswertestrategie sowie die Aufnahme weiterer Performanceparameter im Rahmen der Interpretation führen dazu, dass die kritische Begutachtung streng formal wiederholt werden muss. Die Diskussionen um die 2019er Studie haben jedoch auch gezeigt, dass die kritische Begutachtung von Ökobilanzen Limitierungen unterworfen ist und somit nur begrenzten Mehrwert außerhalb der wissenschaftlichen Diskussion um die sachgerechte Anwendung der Ökobilanzmethode hat.

Der hier vorgelegte Bericht beschreibt umfassend und transparent die methodischen Rahmensetzung 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 und arbeitet mit verschiedenen Ansätzen zur Ableitung einer Auswertestrategie. Die Studie nimmt dabei bewusst die von UBA und BMU sowie die als sachgerecht erachteten Teile der Kritik der deutschen Umwelthilfe an der 2019er Studie auf.

Ob ein neuerliches Gutachten gem. ISO 14040ff notwendig ist oder nicht, kann an dieser Stelle seitens der Autoren nicht abschließend bewertet werden. Die Dokumentation der Studie ist so angelegt, dass eine nachträgliche Begutachtung jederzeit möglich ist.

Die vorliegende Studie reklamiert für sich somit nicht, eine testiert ISO-konforme Ökobilanz zu sein, wohl aber die Anforderungen der ISO 1404ff zu erfüllen. Die Studie ist prinzipiell publizierbar. Eine solche Publikation wird von den Autoren der Studie empfohlen und angestrebt, um die in Kapitel 2.3 definierte Zielgruppenhierarchie bedienen zu können.

Wenn die Studieninhalte dafür genutzt werden sollen, im Rahmen von politischen Entscheidungen als Grundlage herangezogen zu werden, muss die Studie gemäß den Regelungen des Umweltinformationsgesetzes (UIG) zumindest auf Anfrage einer interessierten Öffentlichkeit zugänglich sein.

2.5 Auswahl der zu untersuchenden Verpackungssysteme

2.5.1 Festlegung der zu untersuchenden Getränkesegmente

Die Auswahl der Verpackungssysteme, die Bestimmung der Referenzgebilde und die Abbildung der gesamten Liefer- und Entsorgungsketten hängen von der Auswahl der Getränkearten ab. Entsprechend den Mindestanforderungen kann eine ökobilanzielle Betrachtung nur auf der Differenzierungsebene der Getränkesegmente erfolgen. Die Auswahl der zu untersuchenden Getränkesegmente wird vom Auftraggeber der Studie getroffen und ist prinzipiell frei. Im Falle der vorliegenden Studie hat sich der FKN bei der Auswahl von der Prämisse leiten lassen, nur solche Getränkesegmente zu untersuchen, in denen der GVK eine Marktrelevanz von mehr als 5 % hat und somit gemäß den Mindestanforderungen zu berücksichtigen ist.

Um die Vergleichbarkeit verschiedener Ökobilanzen zu ermöglichen, soll mit der Beschreibung verbindlicher Getränkesegmente eine klare und transparente Zuordnung der Getränkearten zu Getränkesegmenten erfolgen. Getränkesegmente stellen dabei die oberste Ebene der einzubeziehenden Getränkearten dar, die verbindlich für alle Untersuchungen vorgegeben wird, die beim UBA eingereicht werden sollen. Unterhalb dieser Aggregations-ebene können verschiedene Getränkearten zu einer Getränkegruppe zusammengefasst werden.

Getränksegmente als maximale Ebene der Aggregation

Die Definition der Getränkesegmente und Getränkegruppen orientiert sich an dem Vorschlag zur Segmentierung von Getränken aus dem UBA-Vorhaben „Prüfung und Aktualisierung von Ökobilanzen für Getränkeverpackungen“ (Detzel et al. 2016 S. 172 ff) und umfasst:

- Das **Getränksegment Säfte und Nektare** inkl. der Getränkegruppen
 - Fruchtsäfte
 - Fruchtnektare
 - Gemüsesäfte und -trunke
 - Fruchtsmoothies
- Die **Getränkegruppe H-Milch** als Teil des Getränkesegments „ungekühlte Konsummilch und Milchlischgetränke“. Die Untersuchung soll aber nur H-Milch umfassen, während die anderen Getränkearten (ungekühlte H-Milchlischgetränke, Sterilmilch und Sterilmilchlischgetränke) wegen der mangelnden Marktbedeutung auf Wunsch des Auftraggebers nicht berücksichtigt werden.
- Die **Getränkegruppe pasteurisierte Konsummilch/ESL-Milch** (auch als Frischmilch zu bezeichnen) als Teil des Getränkesegments „gekühlte Konsummilch und Milchlischgetränke“. In der Untersuchung sollen die Milchlischgetränke nicht berücksichtigt werden.

Die Untersuchung berücksichtigt somit nicht alle Getränkesegmente, in denen GVKs eingesetzt werden. So bleiben die Getränkesegmente Wässer ohne CO₂ und Erfrischungsgetränke ohne CO₂ unbetrachtet, da dort die Marktrelevanz des GVK nicht gegeben ist. Ebenso unberücksichtigt bleiben Nischen-Getränksegmente, die den hier untersuchten sehr ähnlich sind, wie bspw. (gekühlte) Milchlischgetränke, Sojadrinks und ähnliches. Eine Zusammenfassung mit den hier untersuchten Getränkesegmenten ist aufgrund der Mindestanforderungen nicht möglich; von einer Ausdehnung der Untersuchung wurde jedoch vor dem Hintergrund der (noch) nachrangigen Bedeutung der Produkte und der Ähnlichkeit in der Verpackungssystemstruktur seitens der Auftraggeber abgesehen. Eine Übertragung der hier erarbeiteten Studienergebnisse auf diese Anwendungsfelder kann nicht erfolgen.

2.5.2 Mindestanforderungen an die Auswahl der zu untersuchenden Getränkeverpackungssysteme

Die Auswahl der zu untersuchenden Verpackungssysteme muss entsprechend den Mindestanforderungen immer auf einer aktuellen und repräsentativen Marktanalyse basieren. Die Marktanalyse bezieht sich auf die Grundgesamtheit der Getränkeverpackungsökobilanz, die wiederum durch das ausgewählte Getränkesegment bestimmt wird.

Bezugsgröße der Marktmenge ist der Getränkeverbrauch. Es sind aufgrund der zwingenden Berücksichtigung eines Referenzsystems immer mindestens zwei Getränkeverpackungssysteme zu untersuchen. Die Auswahl muss sich entweder auf das gesamte Getränk-

kesegment beziehen oder – wie im vorliegenden Fall – auf eine Vorauswahl einzelner Getränkegruppen: H-Milch und Frischmilch. Daher sind keine Aussagen über das gesamte Getränkesegment „ungekühlte Konsummilch und Milchlischgetränke“ oder „gekühlte Konsummilch und Milchlischgetränke“ möglich.

Liegen bei einem Verpackungssystem verschiedene Varianten hinsichtlich der Nebepackmittel vor, so ist die zu untersuchende Hauptvariante nach dem Marktanteil auszuwählen. Des Weiteren gilt entsprechend den UBA Mindestanforderungen, dass Nebenvarianten einer Verpackungskomponente nicht berücksichtigt werden, wenn die Hauptvariante einen Marktanteil von mehr als 80 % bezogen auf das Hauptpackmittel aufweist (Marktbagatellgrenze). Weitere Varianten müssen aber nur dann berücksichtigt werden, wenn der Massenanteil dieser Packmittelkomponente an den Getränkeverpackungen einer Palette ein Prozent überschreitet (Massebagatellgrenze).

Umgang mit Varianten

Die Mindestanforderungen legen hinsichtlich der Auswahl der zu untersuchenden Verpackungen Folgendes fest:

- Es sind mindestens zwei Verpackungssysteme aus zwei verschiedenen Verpackungsgruppen zu untersuchen.
- Mit der Auswahl sind mindestens 80 % des Getränkeverbrauchs des ausgewählten Getränkesegments zu erfassen.
- Alle Getränkeverpackungsgruppen mit einem Anteil von mehr als 5 % des Getränkeverbrauchs des ausgewählten Getränkesegments sind zu berücksichtigen.
- Für jede der berücksichtigten Getränkeverpackungsgruppen ist die marktbedeutendste Füllgröße zu untersuchen.
- Zusätzlich sind diejenigen Verpackungssysteme einzubeziehen, die mehr als 25 % des Füllgutverbrauchs der Verpackungsgruppe oder mehr als 5 % des Füllgutverbrauchs des Getränkesegments aufweisen.

Entsprechend erfolgte die Auswahl der relevanten Verpackungen:

- Für das Getränkesegment „Saft und Nektare“ wurden auf Grundlage der Daten aus der GVM-Getränkemarktforschung (Bezugsjahr 2015) anhand der in den Mindestanforderungen definierten Schwellen die relevanten Verpackungen identifiziert.
- Für die Getränkegruppen H-Milch und pasteurisierte Konsummilch/ESL-Milch konnte auf die Daten der GVM Datenbank „Marktmenge Verpackung“ zurückgegriffen (Bezugsjahr 2015) und anhand der in den Mindestanforderungen definierten Schwellen die relevanten Verpackungen identifiziert werden.
- Im Anschluss an den im Sommer 2016 vorgelegten Zwischenbericht erfolgte in Abstimmung mit dem Auftraggeber die Festlegung der im weiteren Verlauf des Projektes zu berücksichtigenden Verpackungssysteme.

Der FKN vertritt die Hersteller des Verpackungssystems GVK. Entsprechend liegt dort auch der Fokus der Untersuchung. Die Mindestanforderungen definieren, dass grundsätzlich zwei verschiedene Systeme pro Getränkesegment bzw. Getränkegruppe zu untersuchen sind und Mehrweg (soweit vorhanden) dabei als Referenz für den Vergleich heranzuziehen ist. Insofern ist zu unterscheiden zwischen:

- Systemen, die seitens des Auftraggebers bzw. seitens der Wirtschaftsbeteiligten betrieben oder in Verkehr gebracht werden – im Fall dieser Untersuchung also die GVK-Systeme.

- Referenzsystemen, die für jede Getränkeverpackungsökobilanz eines Getränkesegments als einheitlicher Bezugspunkt festgelegt werden. Referenzsysteme sind aber immer auch Verpackungssysteme und daher grundsätzlich in gleicher Weise wie die sonstigen untersuchten Verpackungssysteme zu bestimmen und zu beschreiben. Die Berücksichtigung eines Referenzsystems ist verbindlich. Prinzipiell bilden die Mehrwegsysteme die Referenz; wo diese nicht (mehr) vorhanden sind (bspw. Getränkegruppe H-Milch), können auch MövE Systeme als Referenzsystem herangezogen werden.
- Es ist den Wirtschaftsbeteiligten unbenommen, in einer Ökobilanz-Studie neben den auf der Grundlage dieser Mindestanforderungen ausgewählten Getränkeverpackungssystemen und dem entsprechenden Referenzsystem weitere Getränkeverpackungssysteme zu berücksichtigen. Die weiteren in die Untersuchung einbezogenen Getränkeverpackungssysteme sind grundsätzlich in gleicher Weise wie die sonstigen untersuchten Verpackungssysteme zu bestimmen und zu beschreiben.

Auswahl der Referenzsysteme für den Vergleich

2.5.3 Auswahl der zu untersuchenden Getränkeverpackungssysteme

Die Auswahl und Beschreibung der zu untersuchenden Getränkeverpackungssysteme erfolgte im Vorfeld der ökobilanziellen Untersuchung im Rahmen des „Fachgutachten zur Ermittlung und Bestimmung der Verpackungen im Getränkesegment Säfte und Nektare und den Getränkegruppen H-Milch und pasteurisierte Konsummilch/ESL-Milch“, welches durch das ifau und die GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH (GVM) im Juli 2017 vorgelegt wurde. Im Rahmen dieses Gutachtens wurden die Datenbanken der GVM entlang der definierten Mindestanforderungen des UBA ausgewertet.

Im GS Säfte und Nektare können sieben relevante Verpackungsgruppen identifiziert werden. Relevant sind unter Berücksichtigung des 5%-Kriteriums die folgenden drei Verpackungsgruppen:

Zu untersuchende Getränkeverpackungssysteme im Getränkesegment Saft

- PET EW mit 47,8 % Anteil Getränkeverbrauch am Gesamtmarkt
 - GVK mit Aluminium mit 35,2 % Anteil Getränkeverbrauch am Gesamtmarkt
 - Glas MW VDF mit 7,5 % Anteil Getränkeverbrauch am Gesamtmarkt

Diese drei Verpackungsgruppen decken 93,2 % des Getränkeverbrauchs ab. Die Gruppe PET EW muss für eine ökobilanzielle Betrachtung in PET-EW Mono- und Multilayer aufgeteilt werden. Auf Basis der Marktdaten ist diese Differenzierung jedoch nicht möglich, daher werden beide Systeme parallel betrachtet.

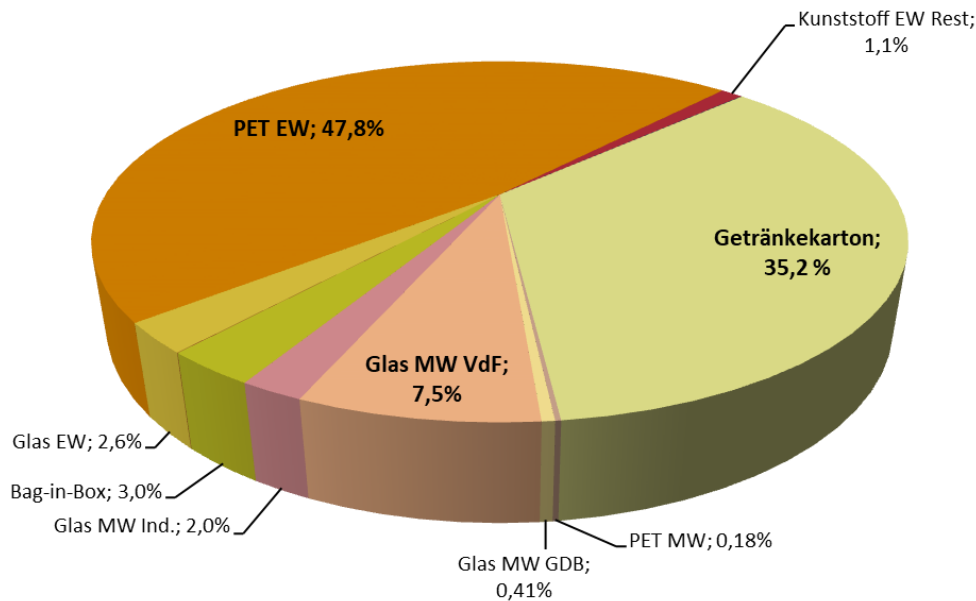


Abbildung 2.1: Verpackungsgruppen im Getränkesegment Säfte und Nektare

In den Kategorien Getränkeverbundkarton sowie PET EW sind die Füllgrößen 1,0 l und 1,5 l zu berücksichtigen. Eine Differenzierung zwischen Mono- und Multilayer kann nur auf Basis einer Stichprobenauswertung vorgenommen werden. In der Verpackungsgruppe Glas MW (VdF) ist die Füllgröße 1,0 l zu berücksichtigen.

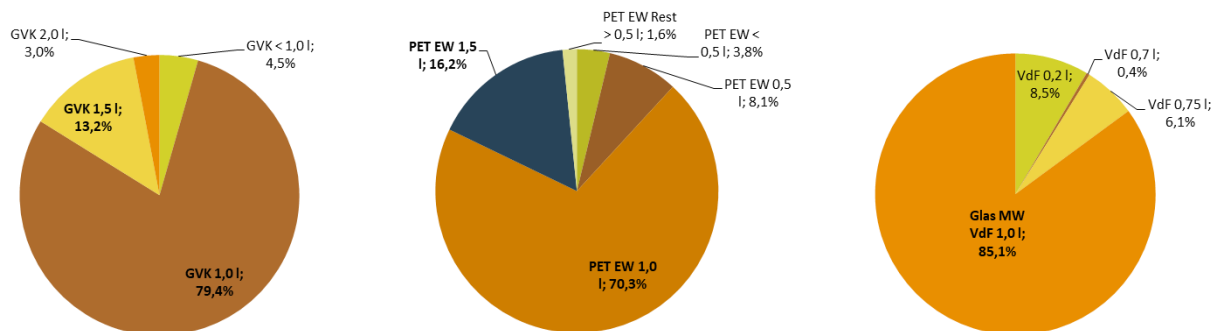


Abbildung 2.2: Verpackungssysteme im Getränkesegment Säfte und Nektare

In Summe sind somit sechs Getränkeverpackungssysteme im Getränkesegment Saft zu untersuchen:

- 1,0 l GVK mit Alu als Verpackungssystem des Auftraggebers
- 1,5 l GVK mit Alu als Verpackungssystem des Auftraggebers
- 1,0 l PET EW Monolayer als weiteres Verpackungssystem
- 1,0 l PET EW Multilayer als weiteres Verpackungssystem
- 1,5 l PET EW Monolayer als weiteres Verpackungssystem
- 1,0 l Glas MW VDF Flasche als Referenzsystem

Diese sechs Verpackungssysteme decken in Summe 82,4 % des Verbrauchs ab.

Im GS H-Milch können drei Verpackungsgruppen identifiziert werden:

- Getränkeverbundkarton
- Bag-in-Box
- PET-Einwegflasche

Relevant ist unter Berücksichtigung des 5%-Kriteriums lediglich die Verpackungsgruppe GVK mit 95,5 %. Da aber mindestens zwei Verpackungssysteme aus zwei Verpackungsgruppen einbezogen werden müssen, wird PET EW mit 2,4 % als zweite Verpackungsgruppe berücksichtigt.

Zu untersuchende Getränkeverpackungssysteme in der Getränkegruppe H-Milch

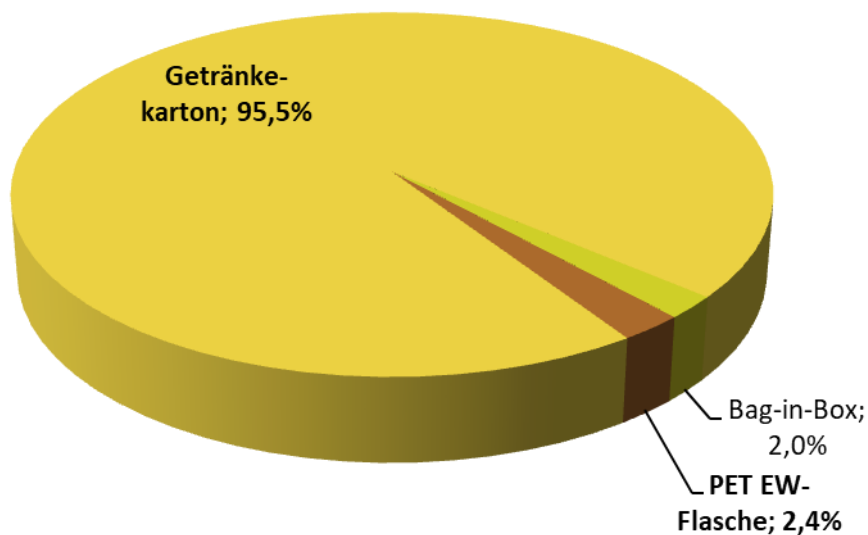


Abbildung 2.3: Verpackungsgruppen in der Getränkegruppe H-Milch

In beiden Verpackungsgruppen, Getränkeverbundkarton und PET EW, ist die Füllgröße 1,0 Liter zu berücksichtigen.

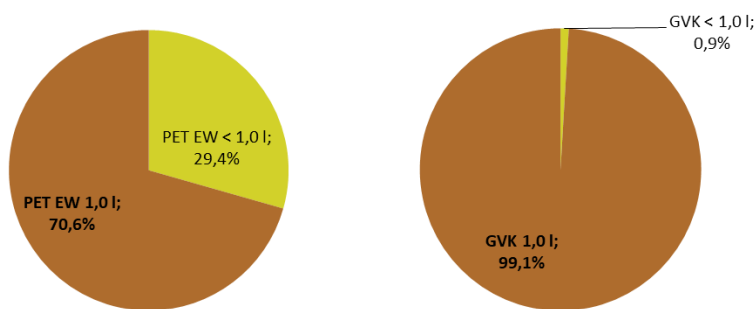


Abbildung 2.4: Verpackungssysteme in der Getränkegruppe H-Milch

Da kein marktrelevantes Mehrwegverpackungssystem als Mehrweg-Referenzsystem zur Verfügung steht, ist nach einem ökologisch vorteilhaften Einweg (öVE)-Referenzsystem zu suchen. Daher wird das Getränkeverpackungssystem 1,0 l GVK mit Alu auch gleichzeitig Referenzsystem.

In Summe sind somit zwei Getränkeverpackungssysteme in der Getränkegruppe H-Milch zu untersuchen:

- 1,0 l GVK mit Alu als Verpackungssystem des Auftraggebers und Referenzsystem
- 1,0 l PET EW Monolayer als weiteres Verpackungssystem

Diese beiden Verpackungssysteme decken in Summe 96,3 % des Verbrauchs ab.

Im Getränkesegment Frischmilch sind unter Berücksichtigung des 5%-Kriteriums die folgenden beiden Verpackungsgruppen relevant:

- Kunststoff-Eimer
- GVK mit/ohne Top®

Die identifizierten Verpackungsgruppen decken 93,9 % des Verbrauchs ab. GVK mit Top® sind nach den Anforderungen des Mengenkriteriums als eigenes Verpackungssystem zu bilanzieren. Diese Verpackung wird in Deutschland aber nur durch die Firma Tetra Pak vertrieben.

Zu untersuchende Getränkeverpackungssysteme in der Getränkegruppe Frischmilch

Somit wären die dokumentierten Parameter und Ergebnisse einem klar identifizierbaren Unternehmen zuzuordnen und würden nicht in einer Mittelwertbildung für die durchschnittlichen deutschen Verhältnisse aufgehen. Die Daten wären nicht mehr anonymisiert und der Schutz möglicherweise sensibler unternehmerischer Daten nicht mehr gewährleistet. Insbesondere erscheint es kritisch, dass die direkten Marktmittelbewerber so detaillierten Einblick in die Spezifikationen und die ökobilanzielle Beurteilung des Produktes nehmen könnten. Daher erfolgen im Rahmen der für die Publikation vorgesehenen Studie keine Angaben zu Verpackungsspezifikationen und Marktanteilen. Allerdings werden die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung im Vergleich zum Referenzsystem Mehrweg im Anhang der Studie dargestellt. An dieser Stelle stehen die Mindestanforderungen des UBA im Konflikt mit dem Datenschutz und ggf. auch mit den wettbewerbsrechtlichen Anforderungen des Kartellrechts. Entsprechend den Mindestanforderungen ist ein privatwirtschaftlicher Auftraggeber der Ökobilanz frei in der Auswahl der zu untersuchenden Verpackungen. Insofern schmälert der Verzicht auf die Ausweisung sensibler Daten des GVK mit Top® nicht den Erfüllungsgrad der UBA-Mindestanforderungen.

Im Rahmen der Diskussion erster Ergebnisse mit dem Auftraggeber wurden zudem die Kunststoffeimer aus der weiteren Untersuchung ausgeklammert, da sich diese tendenziell mehr an Großverbraucher richten als die übrigen kleinvolumigen Packungen. Stattdessen sollen die Verpackungsgruppen Glas-Mehrweg und PET-Einweg einbezogen werden¹. Diese nunmehr drei ausgewählten Verpackungsgruppen decken 90,5 % des Verbrauchs ab.

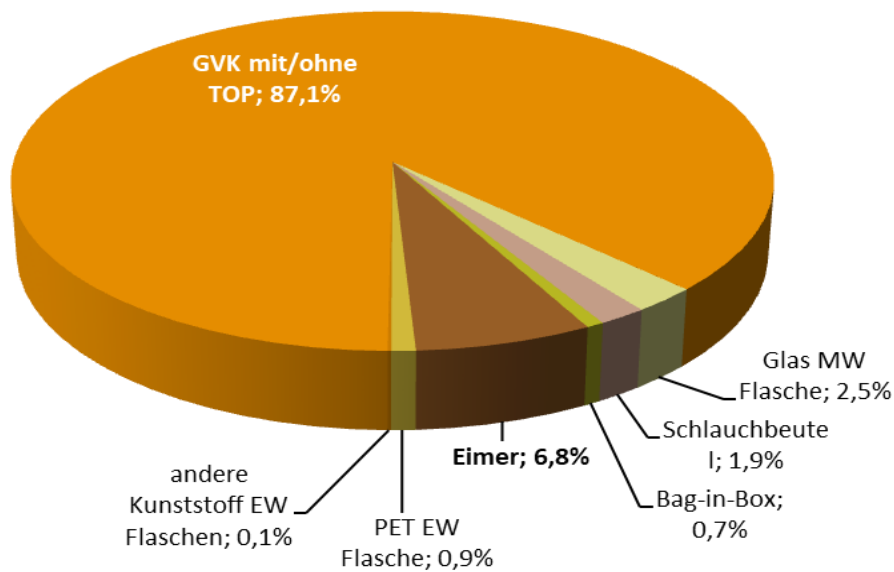


Abbildung 2.5: Verpackungsgruppen in der Getränkegruppe Frischmilch

In den drei Verpackungsgruppen PET EW, GVK und Glas MW ist jeweils die Füllgröße 1,0 Liter zu berücksichtigen. Zudem ist die Verpackungsgruppe GVK mit Top® zu berücksichtigen, kann aber hier nicht dargestellt werden, da nur ein Anbieter diese Form der Verpackung produziert und somit die Vertraulichkeit der Daten nicht gewährleistet werden kann.

¹ Gem. den Mindestanforderungen ist ein privatwirtschaftlicher Auftraggeber prinzipiell frei in der Wahl der zu untersuchenden Verpackungssysteme.

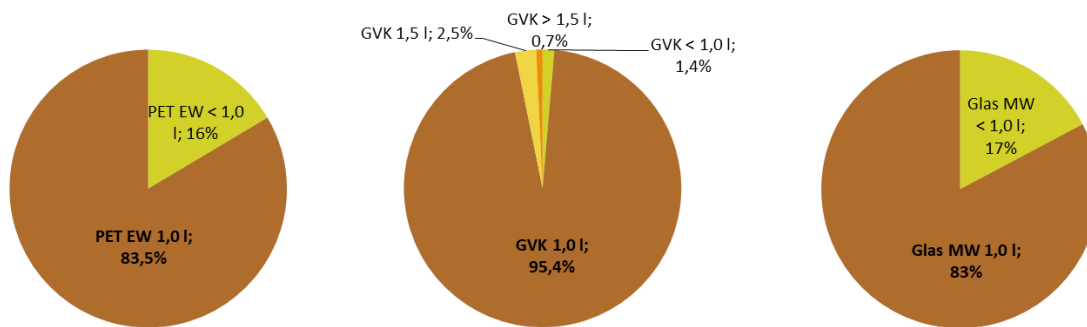


Abbildung 2.6: Verpackungssysteme in der Getränkegruppe Frischmilch

In Summe sind somit drei Getränkeverpackungssysteme in der Getränkegruppe Frischmilch zu untersuchen:

- 1,0 l GVK ohne Alu als Verpackungssystem des Auftraggebers
- 1,0 l PET EW als weiteres Verpackungssystem
- 1,0-l-Glas-MW-Flasche als Referenzsystem

Diese drei Verpackungssysteme decken in Summe 85,6 % des Verbrauchs ab.

3 Methodische Festlegungen

3.1 Funktionelle Einheit für den Vergleich

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

„Bereitstellung von 1000 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 derjenigen Getränkesegmente, die im Kapitel „Definition des Getränkesegments“ 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)).

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. Alle in den einzelnen Getränkesegmenten untersuchten Verpackungen erfüllen die lebensmittelrechtlichen Anforderungen an die Verpackung sowie die Anforderungen des Handels an die notwendige Mindesthaltbarkeit des Füllgutes in der Verpackung.

3.2 Definition des Systemraums – Systemgrenzen

Nachfolgend sind die grundsätzlichen verbindlichen Randbedingungen der Systemgrenzen zusammengestellt. Bezüglich einzelner Wirkungskategorien sind weitere Spezifikationen erforderlich. Diese sind den Anhängen zum Themenpapier Wirkungsabschätzung zu entnehmen.

Die Systemgrenzen werden bestimmt durch den Untersuchungsgegenstand, das Bezugsjahr der Studie sowie durch die verwendeten Daten.

3.2.1 Technische Systemgrenze

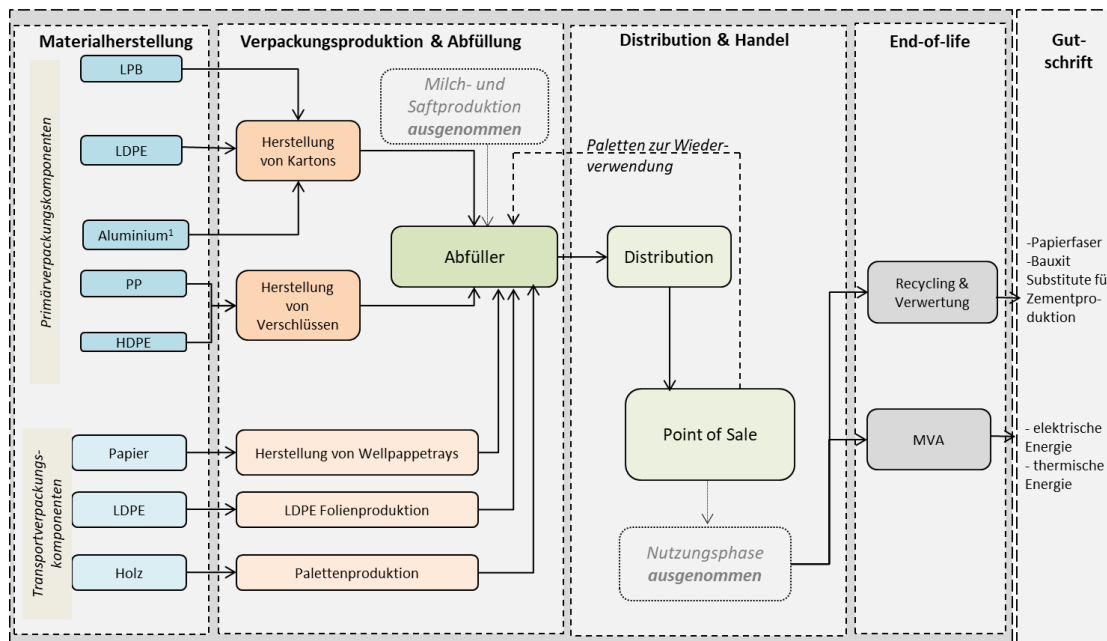
Entsprechend den Mindestanforderungen muss die Ökobilanz-Studie alle Prozesse (technischen Prozesse sowie Agrar- und Forstprozesse) des gesamten Lebensweges des Getränkeverpackungssystems umfassen.

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 5 ausführlich und transparent beschrieben.
- Ausgeschlossene Prozesse entsprechend den Abschneidekriterien sind in Kapitel 3.3 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 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Sachbilanz aufgeführt und beschrieben.

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

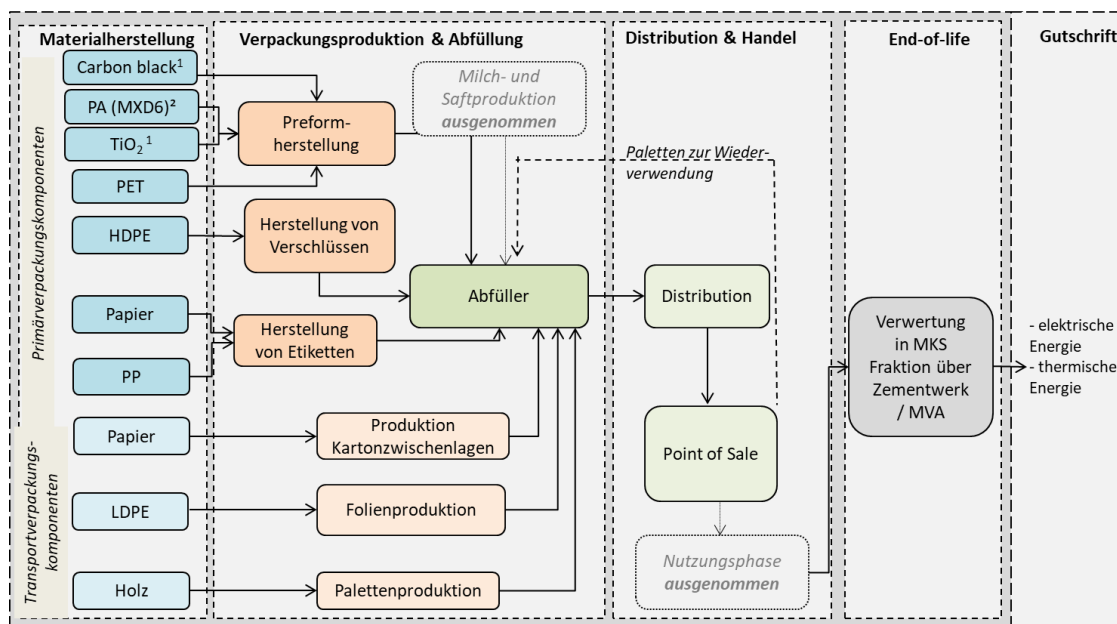
Verpackungssystem: Getränkeverbundkarton Getränkesegment: Säfte & Nektare, H-Milch & pasteurisierte Milch



¹ Nicht bei Getränkekartons im GS pasteurisierte Milch

Abbildung 3.1: Technische Systemgrenze (vereinfachte Darstellung) für Getränkeverbundkartons in den Getränkesegmenten pasteurisierte Milch und H-Milch; Säfte und Nektare

Verpackungssystem: PET Einweg Flasche Getränkesegment: Säfte & Nektare, H-Milch & pasteurisierte Milch



¹ Nur bei PET Flaschen im GS H-Milch und im GS pasteurisierte Milch

² Nur bei PET Flaschen im GS Säfte und Nektare

Abbildung 3.2: Technische Systemgrenze (vereinfachte Darstellung) für PET-Einwegflaschen im Getränkesegment pasteurisierte Milch und H-Milch

Verpackungssystem: **Mehrweg Glasflasche**
 Getränkesegment: **Säfte & Nektare & pasteurisierte Milch**

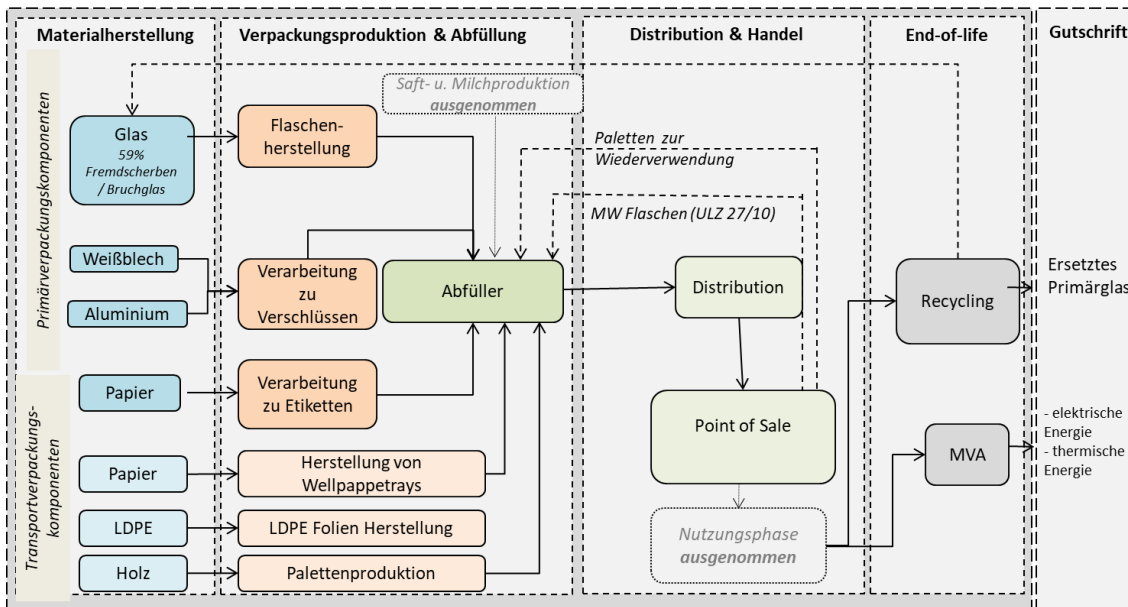


Abbildung 3.3: Technische Systemgrenze (vereinfachte Darstellung) für Glas-Mehrwegflaschen in den Getränkesegmenten pasteurisierte Milch und H-Milch; Säfte und Nektare

3.2.2 Geographische Systemgrenze

Die geographische Systemgrenze der Studie ist Deutschland. Die funktionelle Einheit definiert als Bezugsebene den Ort der letzten Handelsstufe. Damit liegen Inlandsabsatz und Importe innerhalb der geographischen Systemgrenze. Die Summe aus Inlandsabsatz und Importen wird als Verbrauch bezeichnet. Die Exporte werden nicht erfasst (Produktion – Export = Inlandsabsatz).

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 5) transparent beschrieben.

3.2.3 Zeitliche Systemgrenze

Die zeitliche Systemgrenze beschreibt den zeitlichen Gültigkeitsbereich der Daten.¹ Die zeitliche Systemgrenze der Verpackungsspezifikationen und der Umlaufzahlen in dieser Studie ist 2016. Alle Vordergrunddaten² sollten entsprechend den Mindestanforderungen nicht älter als zwei Jahre sein im Vergleich zum Zeitraum, für den die Verpackungsspezifikation gilt.

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 Zur Definition „Vordergrunddaten“ sei an dieser Stelle auf Kap. 4.7 verwiesen.

Die Ergebnisse dieser Studie bilden die aktuelle Marktsituation für die benannten Getränkesegmente und Getränkeverpackungssysteme in Deutschland für 2015/2016, teilweise auch für 2017 ab. Die Ergebnisse sind so lange gültig, bis sich an der Marktsituation relevante Änderungen abzeichnen, wie bspw. eine Ausweitung der Pfandpflicht auf Säfte und Nektare oder eine Erhöhung der Recyclingfähigkeit für PET-Einwegflaschen für Säfte und Nektare. Prinzipiell sollten die Ergebnisse nicht länger als zehn Jahre verwendet und nach dieser Zeit einer grundsätzlichen Revision unterzogen werden.

3.3 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 spezifische Festlegungen zu davon abweichenden Abschneiderregeln 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 Getränkeverbundkartons und der Etiketten für Flaschen. Die benötigte Menge an Druckfarbe ist üblicherweise weniger als 1 % der Gesamtmasse der Primärverpackung. Im Durchschnitt wird für die Bedruckung von einem GVK 0,13 g Druckfarbe benötigt. Die Autoren gehen davon aus, dass die bedruckte Fläche der Flaschenetiketten geringer ist als jene der GVK und somit ebenfalls 1 % der Gesamtmasse nicht überschritten wird.
- Fließmittel für die Kunststoffherstellung. Die zugesetzten Additive beeinflussen die Extrusionseigenschaften der Kunststoffe. Üblicherweise liegt die benötigte Menge im Promillebereich¹.
- Dichteinlage in den Alu-Anrollverschlüssen und den Weißblechbajonettverschlüssen der Glas-MW-Gebinde. Damit die Dichteinlagen unter das Kriterium von weniger als 1 % der Gesamtmasse der Primärverpackung fallen, dürften die Dichteinlagen bei den Alu-Anrollverschlüssen max. 0,26 g und bei den Weißblechbajonettverschlüssen max. 0,45 g wiegen. Die Dichtungen in den Alu-Anrollverschlüssen bestehen üblicherweise aus einem geschäumten Polyethylen; in den Weißblechbajonettverschlüssen kann auch PVC verarbeitet werden. Unter der Annahme, dass die gesamte Dichtung der Weißblechbajonettverschlüsse aus PVC bestünde, würden dadurch zusätzliche CO₂e-Emissionen in Höhe von 0,96 % der Gesamtemissionen der 1,0-l-Glas-Mehrwegflaschen im Getränkesegment Frischmilch freigesetzt. Somit kann auch auf Basis der umweltbezogenen Prüfung die Produktion und Entsorgung der Dichteinlage abgeschnitten werden.

¹ Fernmündliche Aussage eines Vertreters der Kunststoffindustrie im Januar 2018

Rechenweg: 0,45 g Dichteinlage entsprechen im Modell einem Referenzfluss an PVC von 0,45 kg. (PlasticsEurope 2015) gibt für ein kg PVC – wie es in Dichtungen verwendet wird – einen Wert von 1,99 kg CO₂ pro kg Material an. Die zusätzlichen rechnerischen Gesamtemissionen für die Produktion belaufen sich somit auf 0,9 kg CO₂ im Vergleich zu einem Nettowert für die 1,0-l-Glas-Mehrwegflasche im Getränkesegment Milch von 97,7 kg (vgl. Kap. 6.1.4).

3.4 Allokation

Entsprechend den Mindestanforderungen folgt diese Ökobilanz für Getränkeverpackungen der attributiven Ökobilanzierung. In Kapitel 5.8 der 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 wiederholt werden.

3.4.1 Systemallokation

Die Notwendigkeit einer systembezogenen Allokation stellt sich, wenn das ursprünglich betrachtete Produkt, also beispielsweise die PET-Einwegflasche, nach dem Gebrauch einen Zusatznutzen erbringt, der über den in der funktionellen Einheit abgebildeten Nutzen hinaus geht. So wird bei der Aufbereitung gebrauchter PET-Flaschen PET-Rezyklat gewonnen, welches für andere Produktsysteme bereitgestellt wird, beispielsweise für die Herstellung von PET-Fasern für Bekleidung. Da das Sekundärmaterial in einem anderen als dem ursprünglichen Produktsystem verwendet wird, spricht man von *open-loop*-Recycling (offener Kreislauf).

In dieser Studie erfolgt die Allokation von systembedingten Kuppelprodukten nach der „50:50“-Methode, die auch als Standardverfahren in (UBA 2002) angewendet wurde. Dabei wird der Nutzen für Sekundärmaterialien im Verhältnis 50:50, also paritätisch, zwischen dem abgebenden und dem aufnehmenden System aufgeteilt. Im Fall einer werkstofflichen Verwertung von PET-Flaschen besteht der Nutzen im Ersatz von primärem PET aus Erdöl. Dem PET-Einwegsystem wird dieser Nutzen bilanztechnisch in Form einer Gutschrift angerechnet. Die Höhe der Gutschrift beträgt dabei 50 % des Massenanteils der durch den Einsatz von PET-Rezyklat substituierten Primär-PET-Herstellung.

50:50 (50 %) Allokation als Standardverfahren entsprechend den UBA Mindestanforderungen

Die Festlegung von Allokationsfaktoren, besonders im Fall einer Systemallokation, lässt sich nicht alleine mit wissenschaftlichen Erwägungen begründen, sondern stellt eine Konvention dar, in die auch Werthaltungen einfließen. Zur Beurteilung der Ergebnisrelevanz des gewählten Standardverfahrens ist gemäß den Mindestanforderungen des UBA grundsätzlich in einem Sensitivitätsszenario eine 100%-Allokation nach der 100:0-Methode anzuwenden. Diese Methode bedeutet, dass die Gutschriften für Sekundärmaterialien vollständig dem abgebenden System zugeordnet werden. Im Rahmen der vorliegenden Studie wird diese Pflichtsensitivität deutlich aufgewertet, indem sie in den Rang eines alternativen Basisszenarios erhoben wird. Die Gründe dafür liegen in dem methodischen Umgang mit dem inkorporierten Kohlenstoff biogener Materialien und ist in Kapitel 3.5 ausführlich beschrieben.

In Abhängigkeit vom Allokationsverfahren sind bestimmte Lenkungswirkungen zu erwarten. So wird bei der 50:50-Methode sowohl den abgebenden als auch aufnehmenden Systemen der gleiche ökobilanzielle Anreiz zu verstärktem Recycling gegeben. Bei der 100:0-Methode liegt der Nutzen aus der Abfallverwertung fast ausschließlich beim abgebenden System. Entsprechend ergeben sich Anreize zu verstärktem Recycling, besonders auf Seiten der abgebenden Systeme.

Die Ergebnisrelevanz der Auswahl der Allokationsverfahren wird innerhalb der Studie anhand ausgewählter Szenarien überprüft.

In der vorliegenden Studie wird der ursprüngliche UBA-Ansatz jedoch dahin gehend modifiziert, dass nunmehr auch der Bereich „Entsorgung“ im Lebenszyklus 2 (LZ 2) des Sekundärprodukts in der Allokationsmethode berücksichtigt wird. Zur besseren Nachvollziehbarkeit wird dies anhand der nachfolgenden Abbildungen kurz skizziert.

Die folgenden Abbildungen 4.6 bis 4.9 dienen dem generellen Verständnis der Allokationsprozesse und stellen eine Vereinfachung des tatsächlichen Sachverhaltes dar. Die Abbildungen dienen dazu:

**Generelle Anmerkungen
bzgl. der Abbildungen 4.6
bis 4.9**

- den Unterschied zwischen der 0%-Allokation, der 50%-Allokation und der 100%-Allokation zu verdeutlichen und
- darzustellen, welche Prozesse der Allokation unterliegen¹:
 - Primärmaterialproduktion
 - Recycling-/ Verwertungsprozess (sowohl stofflich als auch energetisch)

Über die hier gezeigten Vereinfachungen hinaus bilden jedoch die zugrunde liegenden Systemmodelle eine tatsächliche und realistische Situation ab. So sind zum Beispiel im verwendeten Berechnungsmodell die realen Recyclingströme und die reale Recyclingeffizienz modelliert. Zudem werden in Abhängigkeit des substituierten Materials verschiedene Substitutionsfaktoren angesetzt.

Aus Gründen der Vereinfachung und der Übersichtlichkeit sind folgende Aspekte nicht explizit in den Abbildungen 4.6 bis 4.9 dokumentiert:

- Materialverluste in den Systemen A und B. Für die dargestellten Produktsysteme werden die Materialverluste (z. B. Produktionsabfall oder Feinabrieb beim PET-Recycling) und deren Verwertung und/ oder Beseitigung bilanziert.
- Nicht alle Materialströme gehen geschlossen in System B. Konsequenterweise werden nur die Aufwendungen der tatsächlich recycelten Stoffströme einer Allokation unterzogen.
- Materialströme, die direkt einer Beseitigung zugeführt werden, unterliegen nicht der Allokation. Diese sind in den Abbildungen nicht dargestellt.
- In den Abbildungen wird aufgrund der Vereinfachung nur der Substitutionsfaktor 1 verwendet. In der Tat kann das Modell aber auch Substitutionsfaktoren kleiner eins für die Berechnung anwenden, wenn diese vorkommen.
- Ebenfalls nicht dargestellt ist die Tatsache, dass auch ein komplett anderes Material substituiert werden kann (z. B. Holz statt Plastik).

¹ vgl. ISO 14044 (2006) §4.3.4.3.2: "reuse and recycling ... may imply that the inputs and outputs associated with unit processes for final disposal of products are to be shared by more than one product system"

- Die Restabfallbehandlung in System B ist ausschließlich als Beseitigung in der MVA dargestellt.

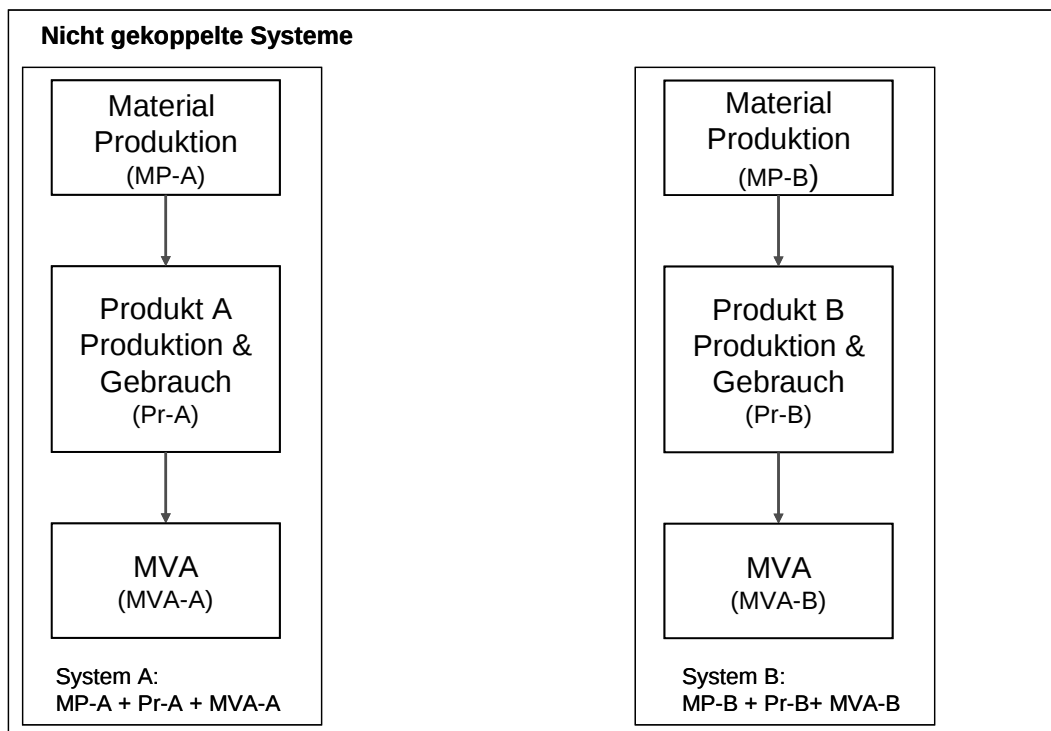


Abbildung 3.4: Schema für nicht gekoppelte Systeme

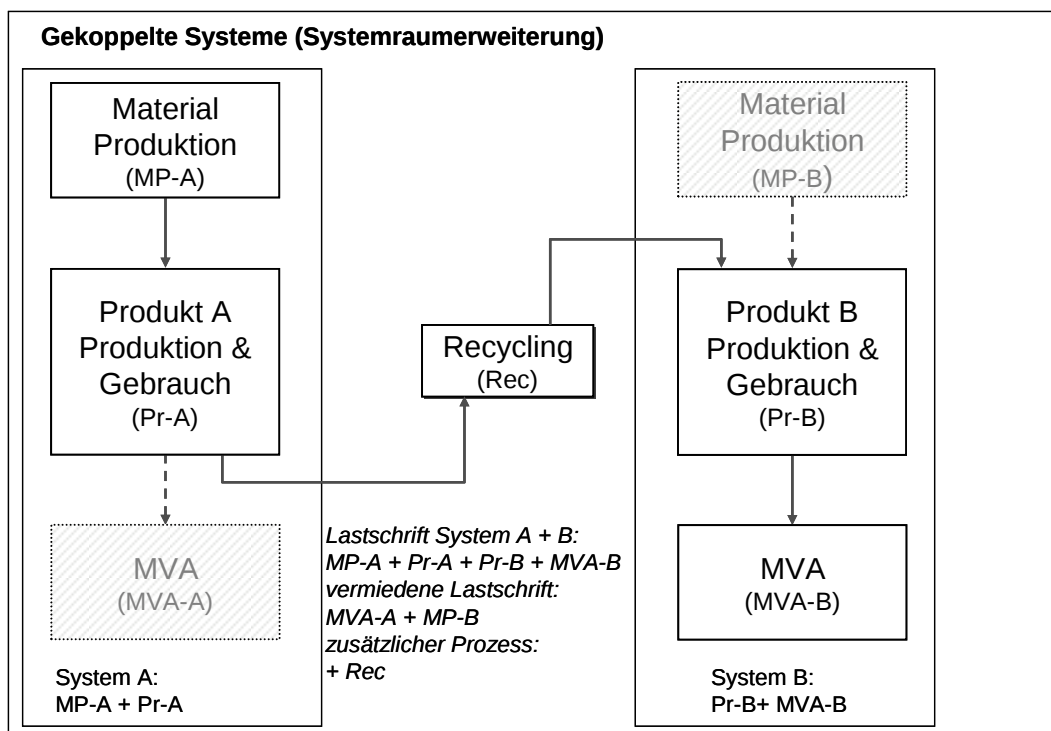
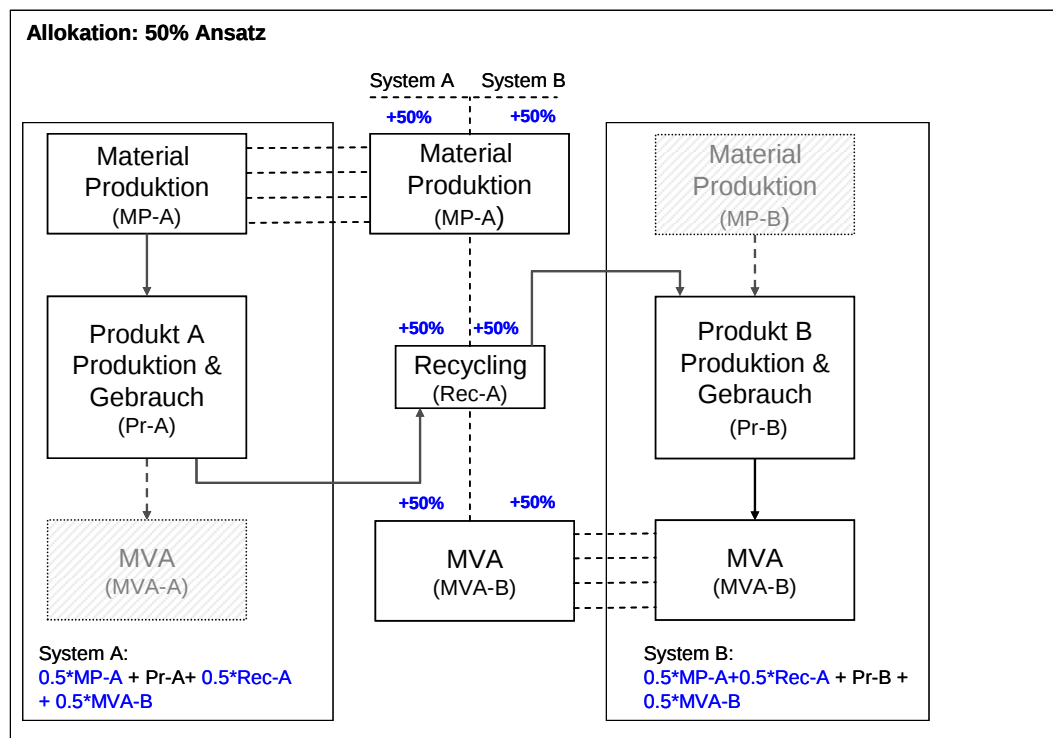
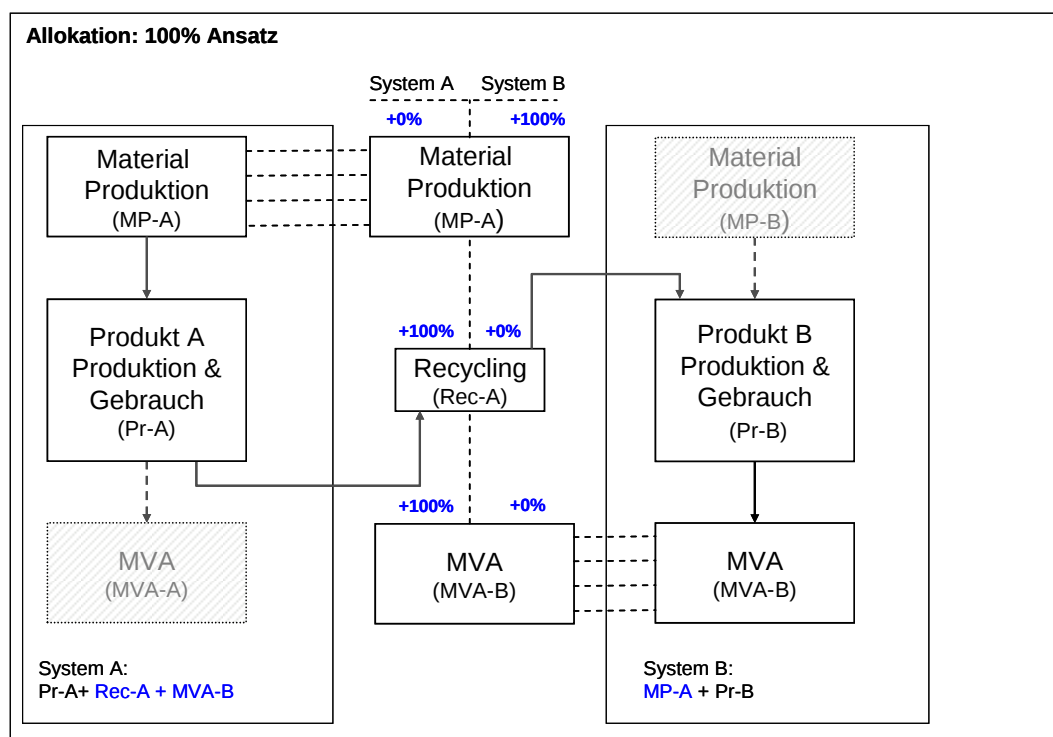


Abbildung 3.5: Schema für gekoppelte Systeme



Modellierung: Allokation; inkl. Entsorgung im 2. Lebenszyklus („System B“)

Abbildung 3.6: Schema für gekoppelte Systeme 50%-Allokation



Modellierung: Allokation; inkl. Entsorgung im 2. Lebenszyklus („System B“)

Abbildung 3.7: Schema für gekoppelte Systeme 100%-Allokation

Wie in Abbildung 4.6 dargestellt, geht man zunächst von zwei jeweils voneinander unabhängigen Systemen A und B aus. Jedes System hat für sich Materialherstellung,

Produktion des Produktes und Beseitigung zu tragen. Der in System A aus Abfall gewinnbare Wertstoff wird hierbei in der Bilanzierung nicht weiter berücksichtigt.

Wird der Wertstoff aus System A jedoch in System B wiederverwertet, wie in Abbildung 4.7 dargestellt, so entfällt die Herstellung der entsprechenden Menge Primärmaterial („MP-B“) in System B; allerdings muss zusätzlich die Aufbereitung des Wertstoffs im Zuge des Recyclings (Rec-A) erfolgen.

Durch das Recycling entfällt ebenfalls die Beseitigung von Produkt A im System A. Eine Beseitigung des aus Produkt A zurückgewonnenen Materials wird jedoch in System B fällig (es wird hierbei vorausgesetzt, dass nach der Nutzung in System B kein weiterer Nutzungszyklus erfolgt). Zur konsistenten Betrachtung des Stoffstroms wäre also auch die Beseitigung des Materials im zweiten Lebenszyklus in die Allokation einzubeziehen.

In den UBA-Ökobilanzen geschah dies aus Aufwandsgründen nicht. Es galt das so genannte „one-step-forward/one-step-back“-Prinzip. Dieses Prinzip besagt, dass immer nur ein Schritt weiter bilanziert wird. Dies betrifft die Substitution von Primärmaterial durch Sekundärmaterial. In der Ökobilanz wird dies in Form einer Gutschrift angerechnet. Der weitere Lebensweg wird jedoch nicht berücksichtigt. Damit kann der Aufwand zur Modellierung der Allokation deutlich limitiert werden.

Enthält der Vergleich von Produkten implizit einen Vergleich von Materialien aus nachwachsenden und fossilen Rohstoffen, kann dieser Ansatz unter Umständen zu kurz greifen und zu Asymmetrien, besonders in der Kohlenstoff-Bilanz, führen.

Daher wurde die Allokationsvorschrift um die Abfallverbrennung im zweiten Lebenszyklus (LZ 2) ergänzt. Das entsprechende Vorgehen und die Rechenvorschrift sind in der Abbildungen 4.8 bis 4.9 schematisch dargestellt.

Bei der 50%-Methode werden die Vorteile und Belastungen von 'MP-A', 'Rec' und 'MSWI-B' zu gleichen Teilen zwischen 'System A und B' aufgeteilt (50:50-Methode). So erhält das "System A" aus seiner Sicht eine Gutschrift von 50 % für die vermiedene Vormaterialproduktion und wird mit 50 % der Last oder des Nutzens der Abfallbehandlung (MSWI-B) belegt.

Allokation mit der 50%-Methode (Abbildung 4.8)

Die 50%-Methode wurde oft im Rahmen des Open-Loop-Recyclings diskutiert, siehe (Fava et al. 1991), (Frischknecht 1998), (Klöpffer 1996) und (Kim et al. 1997). Laut (Klöpffer 2007) wird diese Regel zudem allgemein als "faire" Aufteilung zwischen zwei gekoppelten Systemen akzeptiert.

Die 50:50-Methode wurde in zahlreichen Ökobilanzen des ifeu angewendet und ist auch der Standardansatz für die vom Umweltbundesamt (UBA) in Auftrag gegebenen Verpackungsökobilanzen. Dieser Allokationsansatz ähnelt dem in den europäischen Leitlinien für den ökologischen Fußabdruck von Produkten (PEF) beschriebenen Ansatz.

Bei diesem Verfahren wird die Grundregel angewendet, dass das "System A" alle Vorteile für die Verdrängung des Primärmaterials und des damit verbundenen Produktionsprozesses "MP-B" erhält. Gleichzeitig werden alle Lasten zur Herstellung des Sekundärrohstoffs über „Rec-A“ dem „System A“ zugeordnet. Darüber hinaus werden auch die Lasten, die durch die Abfallbehandlung von "Produkt B" in "MSWI-B" entstehen, dem "System A" belastet, während die Abfallbehandlung von "Produkt A" vermieden und somit weder dem "System A" noch dem "System B" belastet wird.

Allokation mit der 100%-Methode (Abbildung 4.9)

Die Verwendung des Allokationsfaktors 100 % impliziert, dass eine Ökobilanz, die sich auf das "System B" konzentriert, dann die mit dem Produktionsprozess "MP-B" verbundenen Lasten dem "System B" zuordnen müsste (andernfalls würde die Massenbilanzregel verletzt werden). „System B“ würde jedoch nicht mit Lasten belastet, die sich auf „Rec“ beziehen, da die Lasten bereits in „System A“ berücksichtigt sind. Gleichzeitig wird "MSWI-B" nicht dem "System B" belastet (wiederum eine Anforderung der Massenbilanzregel), da es bereits dem "System A" zugeordnet ist.

Die Allokationsfaktoren wurden auf Massenbasis angewendet (d.h. die Umweltbelastungen des Recyclingprozesses werden mit der Gesamtlast multipliziert mit dem Allokationsfaktor berechnet) und gegebenenfalls mit Substitutionsfaktoren kombiniert. Der Substitutionsfaktor gibt an, welche Menge des Sekundärmaterials eine bestimmte Menge an Primärmaterial ersetzt. Ein Substitutionsgrad von 0,8 bedeutet beispielsweise, dass 1 kg recyceltes (Sekundär-)Material 0,8 kg Primärmaterial ersetzt und eine entsprechende Gutschrift erhält. Damit berücksichtigt ein Substitutionsfaktor < 1 auch so genannte "Down-Cycling"-Effekte, die einen Recyclingprozess beschreiben, bei dem Abfallstoffe in neue Materialien von geringerer Qualität umgewandelt werden.

Die in der aktuellen LCA-Studie verwendeten Substitutionsfaktoren zur Berechnung der Gutschriften für Recyclingmaterialien, die für die nachfolgende (nachgeschaltete) Nutzung vorgesehen sind, basieren auf Expertenurteilen des deutschen Abfallsortierers "Der Grüne Punkt – Duales System Deutschland GmbH" aus dem Jahr 2003 (DSD 2003). Seitdem wurde der Substitutionsfaktor für PET aus Flaschen auf 1,0 angehoben, da durch technische Fortschritte ein Bottle-to-Bottle-Recyclingverfahren möglich wurde (nur im Rahmen der Sensitivitätsanalyse zum PET-Flaschenrecycling verwendet).

- Papierfasern
 - aus LPB (kartonbasierte Primärverpackung): 0,9
 - in Kartonschalen (Umverpackung): 0,9
- LDPE aus Folien: 0,94
- PET in Flaschen (Bottle-to-Bottle-Recycling): 1,0
- HDPE aus Verschlüssen: 0,9
- Glas aus Flaschen: 1

3.4.2 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. Zu diesem Thema führte bereits die „Ökobilanz für Getränkeverpackungen II“ aus dem Jahr 2000 (UBA 2000a) aus:

„Die Transporte stellen in Verpackungs-Ökobilanzen Kuppelprozesse dar, in denen zwei Dienstleistungen bereitgestellt werden, nämlich

1. *Transport des Pack-/Füllguts (F) und*
2. *Transport des Verpackungssystems (V) inkl. primärer, sekundärer und tertiärer Verpackung.*

Anwendung der Allokationsregeln in der Studie

Zur Erstellung der Ökobilanz des Verpackungssystems ist es erforderlich, die gesamten Umweltbeeinflussungen (Kraftstoffverbrauch und Emissionen) der Transporte zwischen Verpackung und Füllgut aufzuteilen (Allokation), da nur die packmittelspezifischen Umweltbeeinflussungen für Getränkeverpackungsökobilanzen relevant sind. (UBA II/1)“

Dort wird für die Aufteilung der transportbedingten Umweltbeeinflussungen folgendes Allokationsverfahren festgelegt, das dann im Rahmen der Mindestanforderungen erneut bestätigt wurde:

1. Ausgangspunkt ist die Aufteilung der Umweltbeeinflussungen in:

- den auslastungsunabhängigen Anteil (B_{leer}) für den Transport des unbeladenen Fahrzeuges,
- den auslastungsabhängigen Anteil (B_{last}) für den Transport der Nutzlast des Fahrzeuges (siehe Abbildung 4.10).

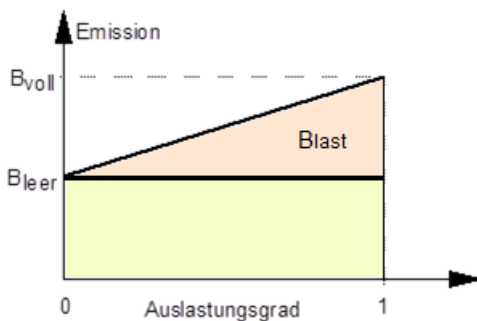


Abbildung 3.8: Aufteilung der Umweltbeeinflussungen (Kraftstoffverbrauch und Emissionen) in den konstanten Anteil B_{leer} (gelb) und den auslastungsabhängigen Anteil B_{last} (orange)

2. Die Allokation des lastabhängigen Anteils B_{last} auf Verpackung und Füllgut erfolgt nach Massenanteilen, da die Mehrbelastungen durch die Masse der Zuladung verursacht werden:

$$B_{\text{last}}(\text{Verpackung}) = B_{\text{last}} * (m_{\text{Verpackung}} / (m_{\text{Verpackung}} + m_{\text{Füllgut}})) * \text{Strecke}$$

$$B_{\text{last}}(\text{Füllgut}) = B_{\text{last}} * (m_{\text{Füllgut}} / (m_{\text{Verpackung}} + m_{\text{Füllgut}})) * \text{Strecke}$$

Die Aufteilung der Umweltlasten des **konstanten Anteils** B_{leer} auf die zu transportierenden Bestandteile (Füllgut und Verpackung) erfolgt nach (UBA 2000) ursachenbezogen. Dabei wird zwischen einer verpackungsbedingten und nicht verpackungsbedingten Unterauslastung unterschieden.

Ausgangspunkt ist die Tatsache, dass die Umweltlasten pro Gewichtseinheit bei einer vollen Auslastung minimal gehalten werden. Die durch eine Unterauslastung pro Gewichtseinheit zusätzlichen Umweltbelastungen werden nun nach (UBA II/1) für die beiden Fälle folgendermaßen alloziert.

Unterauslastung ist verpackungsbedingt

Bei der verpackungsbedingten Unterauslastung wird ermittelt, welcher Anteil an B_{leer} mit dem Vorhandensein des Verpackungssystems zu begründen ist. Hierfür kann eine hypothetisch optimale Verpackung angenommen werden, die es ermöglicht, die maximale Nutzlast des Lkw (m_{max}) vollständig mit dem Packgut auszunutzen (z. B. "Tankwagen"). Bei einem realen Verpackungssystem kann diese hundertprozentige Auslastung durch das Packgut nicht erreicht werden, da das Verpackungssystem zum einen aufgrund seines Gewichts einen Teil von m_{max} beansprucht, zum anderen aufgrund seines Volumens dazu beitragen kann, dass m_{max} wegen Volumenauslastung nicht erreicht wird. Die im Idealsystem resultierenden Umweltbelastungen würden dem Füllgut angelastet werden. Somit wird die Differenz der Umweltbeeinflussungen zwischen tatsächlichem System (= Lkw mit tatsächlicher Beladung) und Idealsystem der Verpackung zugerechnet:

- $B_{\text{leer}}(V) = B_{\text{leer}} * (1 - m_F / m_{\text{max}}) * \text{Strecke}$

Unterauslastung ist nicht verpackungsbedingt

Die Allokation des Verpackungsanteils an B_{leer} erfolgt im Verhältnis der Masse der Verpackung zur Gesamtzuladung eines mit gleicher Unterauslastung A fahrenden Idealsystems.

- $B_{\text{leer}}(V) = B_{\text{leer}}(V+F) * (m_V / (A * m_{\text{max}}))$

Nach (UBA 2000) ist die nicht verpackungsbedingte Unterauslastung der häufigste Fall und sollte deshalb als Regelfall genutzt werden. Hinsichtlich der Relevanz der Unterscheidung der beiden Fälle steht in (UBA 2000) Folgendes geschrieben: „Die Unterscheidung zwischen beiden Fällen ist aber für das Gesamtergebnis nicht sehr relevant, da die Auslastungen der Lkw meist bei 85 % und darüber liegen, d.h. Unterauslastungen spielen eine geringere Rolle.“

Bezeichnungen:

B:	Umweltbelastungen (Verbrauch und Emissionen)
B_{leer} :	lastunabhängiger Anteil der Umweltbelastung (Leerfahrt)
B_{Last} :	zuladungsabhängiger Anteil der Umweltbelastung (Zuladung)
$B_{\text{Last}}(V)$, $B_{\text{leer}}(V)$:	Anteil der Verpackung an der Umweltbelastung
S:	Entfernung in Kilometer n
A:	durchschnittliche gewichtsbezogene Auslastung des Lkw bei Abfahrt
m_V :	Gesamtgewicht Verpackung
m_F :	Gesamtgewicht Füllgut
m_{max} :	maximale Zuladung Lkw

Beispielrechnungen

Aus der UBA-Herangehensweise ergeben sich für die praktische Umsetzung vier verschiedene Fälle, welche im Folgenden anhand von Beispielen verdeutlicht werden sollen. Den folgenden Beispielen werden folgende Parameter zu Grunde gelegt:

- Massebegrenzung

- Distributionsentfernung von 100 km
- der Transport von 10 t Füllgut (= Funktionelle Einheit)
- maximale Gesamtzuladung von 10 t

Der erste Fall (siehe Abbildung 4.11) entspricht dem hypothetischen Idealfall aus (UBA II/1) in Form eines Tanklasters. Dieser ideale Transport spielt in Getränkeverpackungsökobilanzen keine Rolle, soll aber die Logik des (UBA II/1)-Ansatzes verdeutlichen. In diesem Fall wird die maximale Nutzlast des Transportfahrzeuges durch das Füllgut ausgenutzt. Die Umweltbelastung ($B_{\text{leer}} + B_{\text{last}}$) wird somit zu 100 % dem Füllgut zugerechnet.

hypothetischer Idealfall

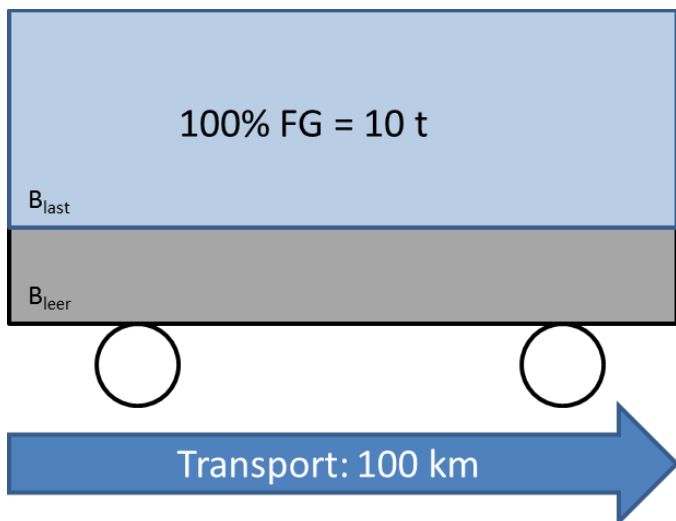


Abbildung 3.9: Fall 1, hypothetischer Idealfall ohne Verpackungsmasse, volle Auslastung (VP: Verpackung; FG: Füllgut)

Im zweiten Fall wird für die Distribution des Füllgutes Verpackungsmaterial (primäre, sekundäre und tertiäre Verpackungen) benötigt und ebenfalls eine volle Auslastung erreicht (siehe Abbildung 4.12). Für den Transport der gleichen funktionellen Einheit (10 t Füllgut) wird durch das zusätzliche Verpackungsgewicht (2,5 t) ein weiterer LKW benötigt. In der Praxis wird die Transportdistanz entsprechend erhöht. Die Allokation der Umweltbelastungen der Leerfahrt und der Zulast ($B_{\text{leer}} + B_{\text{last}}$) auf das Füllgut und die Verpackung erfolgt nach Massenanteilen. D.h., dass 80 % von B_{leer} und B_{last} dem Füllgut und 20 % der Verpackung zugerechnet werden. Die dem Füllgut angerechnete Last ist identisch mit dem Ergebnis aus Fall 1.

Volle Auslastung

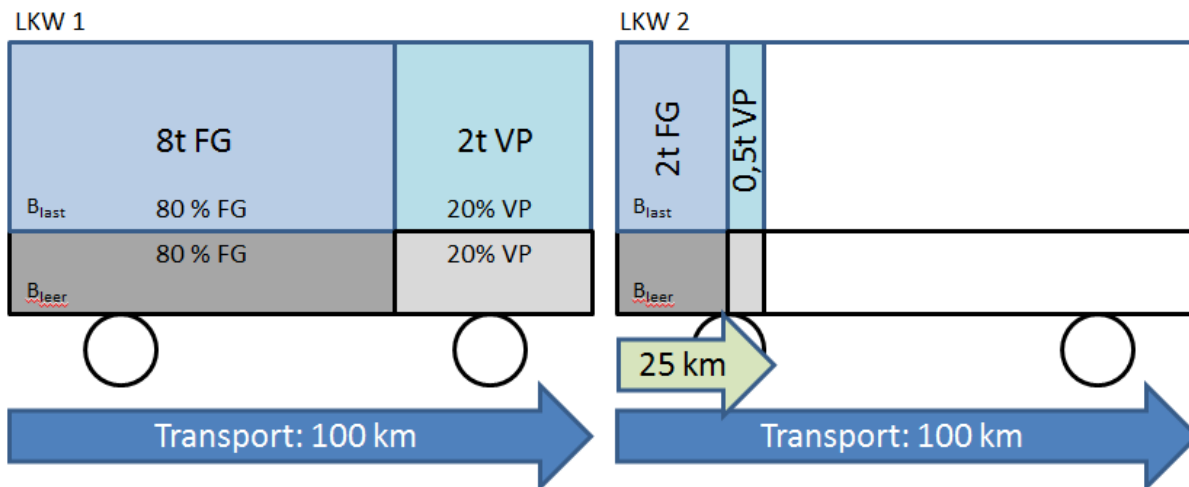


Abbildung 3.10: Fall 2, volle Auslastung (VP: Verpackung; FG: Füllgut)

Der dritte Fall entspricht der in (UBA II/1) als nicht verpackungsbedingte Unterauslastung bezeichneten Rechenvorschrift. In diesem Beispiel beträgt die Unterauslastung 12,5 %. Die Allokation der Umweltlasten (B_{leer} + B_{last}) zwischen Füllgut und Verpackung erfolgt im Verhältnis der Masse der Verpackung/des Füllgutes zur Gesamtbeladung. Auch in diesem Fall wird für den Transport von 10 t Füllgut ein zusätzlicher LKW benötigt, bzw. die Transportdistanz entsprechend erhöht.

**Nicht verpackungsbedingte
Unterauslastung**

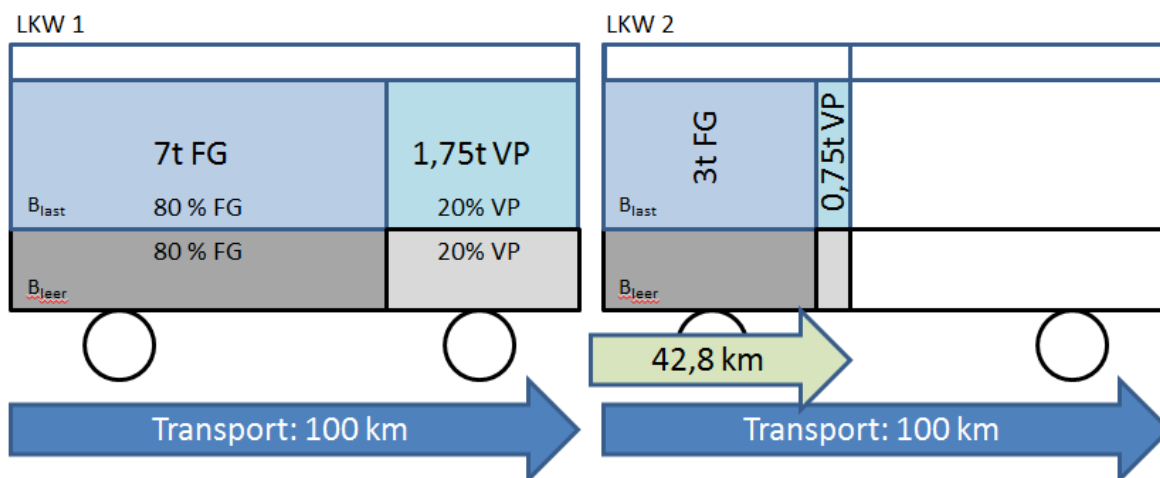
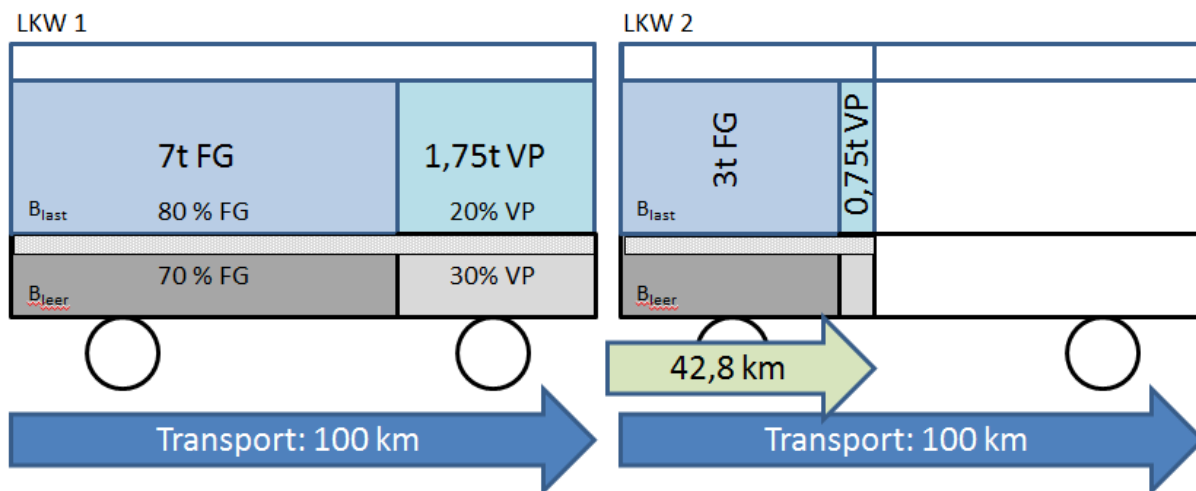


Abbildung 3.11: Fall 3, nicht verpackungsbedingte Unterauslastung von 12,5 % (VP: Verpackung; FG: Füllgut)

Wird eine verpackungsbedingte Unterauslastung angenommen, so ergibt sich der vierte Fall (siehe Abbildung 4.13). An dieser Stelle spielt erstmals die Unterscheidung zwischen lastabhängigen (B_{last}) und lastunabhängigen (B_{leer}) Umweltbelastungen eine Rolle. Die Umweltbelastungen (B_{last}) werden wie in den vorherigen Fällen über eine Masseallokation gehandhabt. Die lastunabhängigen Umweltbelastungen (B_{leer}) werden allerdings nicht zu gleichen Teilen dem Füllgut und der Verpackung zugerechnet. Da die spezifische Verpackung des Füllgutes für die Unterauslastung verantwortlich ist, werden die zusätzlichen Umweltbelastungen der Verpackung und nicht dem Füllgut zugerechnet. Für die Berechnung des Allokationsfaktors wird der Fall 1 gegenübergestellt und die maximale Nutzlast zu Grunde gelegt. Damit erhält das Füllgut 70 % von B_{leer} und die Verpackung 17,5 % aufgrund des Massenanteils und die restlichen 12,5 % der Umweltlasten.

**Verpackungsbedingte
Unterauslastung**



(Quelle: Text)

Abbildung 3.12: Fall 4, verpackungsbedingte Unterauslastung von 12,5 % (VP: Verpackung; FG: Füllgut)

3.4.3 Prozessallokation

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.

Multi-Output-Prozesse

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.

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.

Multi-Input-Prozesse

3.5 Umgang mit inkorporierten Kohlenstoff

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. In dieser Studie wird die Fixierung von CO₂ durch die Pflanzen als CO₂-Aufnahme und die (Wieder-)Emission von CO₂ am Ende der Lebensdauer des Materials als CO₂-regenerativ (reg.) bezeichnet.

Auf der Ebene der Wirkungsabschätzung muss entschieden werden, wie die Aufnahme und die Emissionen von regenerativem CO₂ modelliert und berechnet werden sollen. In der vorliegenden Studie wurde das nicht-fossile CO₂ an zwei Stellen in das Modell einbezogen:

Berücksichtigung der Photosyntheseleistung von Pflanzen als biogene Rohstoffe

- Zum einen die Aufnahme während der Wachstumsphase der Pflanze. Diese wird durch negative GWP-Werte ausgedrückt.
- Zum anderen die Wiedereinträge am Ende der Lebensdauer. Diese werden als positive Werte ausgedrückt.

Regeneratives CO₂ wird in dieser Studie somit genauso behandelt wie andere Ressourcen und Emissionen und unterliegt daher den gleichen Zuteilungsregeln wie diese.

Diese Form des Umgangs mit den biogenen Materialien ist für die Anwendung in einer Ökobilanz für GVK Verpackungen neu. Bislang wurde für Papierprodukte keine Gutschrift für inkorporierten Kohlenstoff vergeben, dafür erfolgte die Verbrennung klimaneutral. Die Gründe für das Vorgehen sind vielfältig und sollen daher im Folgenden kurz erläutert werden.

Das VerpackG eröffnet den Dualen Systemen die Möglichkeit, die Beteiligungsentgelte nach ökologischen Kriterien zu bemessen. In §21 sind drei wesentliche Parameter die für die ökologische Ausgestaltung einer Verpackung definiert:

Politische Motivation

- Verwendung von recycelten Inhalten in Verpackungssystemen
- Recyclingfähigkeit von Verpackungssystemen
- Verwendung nachwachsender Rohstoffe in Verpackungssystemen

Eine Ökobilanz, deren Ergebnisse primär für die Diskussion im Kontext des VerpackG erstellt wird, muss daher nach Ansicht der Autoren bei der Definition der methodischen Festlegungen die ökologischen Effekte dieser drei Parameter in ausreichender Weise berücksichtigen.

Die ersten beiden Parameter werden durch die Wahl des Allokationsfaktors 50 % für die systembezogene Allokation gewürdigt. Wie in Kapitel 3.4.1 beschrieben, zeigt die Anwendung des Allokationsfaktors 50 % sowohl Vorteile für die Verwendung von recycelten Material in Verpackungssystemen als auch die bloße Zuführung zu einer werkstofflichen Verwertung (also die Recyclingfähigkeit). Um die ergebnisseitige Würdigung der Recyclingfähigkeit von Verpackungssystemen nicht einzuschränken und die Nutzung erneuerbarer Ressourcen zu fördern, wird in dieser Studie eine Konvention getroffen, die impliziert, dass die CO₂-Aufnahme nicht in den Gutschriften berücksichtigt wird.

Die Berücksichtigung der CO₂-Aufnahme als zu allozierende Gutschrift würde die CO₂-Aufnahme der betrachteten Verpackungssysteme aus regenerativen Materialien um die Menge an CO₂ reduzieren, die durch die substituierten Prozesse aus der Atmosphäre aufgenommen wurde. Doch die Auswahl der substituierten Prozesse basiert auf der aktuellen Marktsituation innerhalb des adressierten geographischen Bereichs. Bei den Energiegutschriften aus der Verbrennung von nachwachsenden Rohstoffen handelt es sich bei den substituierten Verfahren um die Erzeugung von elektrischer und thermischer Energie. Diese in hohem Maße fossil basierten Prozesse absorbieren vernachlässigbar geringe Mengen an regenerativem CO₂. Daher würde den substituierten Prozessen fast keine CO₂-Aufnahme zugeschrieben werden, der Nutzen der CO₂-Aufnahme der betrachteten Verpackungssysteme auf Basis nachwachsender Rohstoffen würde nicht verringert.

Wenn jedoch Verpackungssysteme aus regenerativen Materialien stofflich verwertet werden, und wenn die substituierten Prozesse für die Materialgutschriften die Herstellung anderer primärer regenerativer Materialien sind, würde die CO₂-Aufnahme aus der Atmosphäre substituiert werden. Daher würde der Nutzen der CO₂-Aufnahme der betrachteten Verpackungssysteme durch die CO₂-Aufnahme der substituierten Prozesse reduziert werden.

Am Beispiel von Verpackungssystemen mit einem hohen Anteil regenerativer Materialien (wie z.B. Getränkeverbundkartons) zeigt sich, dass die Anwendung der CO₂-Aufnahme in Gutschriften für Verwertungsprodukte aus biobasierten Verpackungen tendenziell eher eine thermische Verwertung forcieren, da Verbrennung statt Recycling zu geringeren LCA-Ergebnissen für den "Klimawandel" führen würde.

Die Autoren dieser Studie erkennen an, dass mit der Anwendung dieser Konvention nur die Hersteller von Produkten, die primäre regenerative Materialien enthalten, profitieren. Dies wird als angemessen erachtet, da diese Hersteller in erster Linie für die Beschaffung von erneuerbaren Materialien verantwortlich sind. Hersteller von Produkten, die lediglich regenerative Materialien enthalten, die aus Recyclingprozessen stammen, würden nicht begünstigt. Da in dieser Studie keine Verpackungssysteme analysiert werden, die recycelte regenerative Materialien enthalten, wird dieser Ansatz, die CO₂-Aufnahme nicht in den Gutschriften zu berücksichtigen, in dieser Studie als geeignet angesehen. Diese Konvention entspricht auch der ISO 14040/14044, da die Massenbilanz aller Inputs und Outputs bezüglich regenerativem CO₂ von 'System A' und 'System B' zusammen gleich bleibt.

**Verantwortungsbereich
der Hersteller**

In dieser Studie werden den thermischen Verwertungsverfahren wie MVA mit Energierückgewinnung und Verbrennung in Zementöfen Gutschriften für substituierte Energieträger zugeordnet. Daher gilt die systembezogene Allokation auch für die Emissionen von regenerativem Kohlenstoff (CO₂ reg.) aus der thermischen Verwertung von regenerativen Materialien. Bei einer Zuteilung von 50 % wird die Hälfte der CO₂-reg Emissionen dem untersuchten System und die Hälfte der CO₂-reg Emissionen dem nachfolgenden System, z.B. den MVAs zugerechnet.

Zusammen mit der vollen CO₂-Aufnahme für das betrachtete System und der Nichtberücksichtigung der CO₂-Aufnahme in den Gutschriften ergibt sich nach und vor der Allokation gem. ISO 14040 und 14044 die gleiche Massenbilanz für den gesamten regenerativen Kohlenstoff. Hinsichtlich der Ergebnisse der Ökobilanz für den "Klimawandel" profitieren Verpackungssysteme, die regenerative Materialien enthalten, wenn die systembezogene Allokation von 50 % für Verwertungsprozesse angewendet wird. Bei Anwendung des 50%-Ansatzes für die Zuteilung kann der Nutzen in Bezug auf die Ergebnisse für die Wirkungskategorie "Klimawandel" von Verpackungssystemen, die regenerative Materialien enthalten,

die Steigerung des Einsatzes von regenerativen Materialien in Verpackungssystemen fördern.

Im Falle einer Allokation von 100 % für Verwertungsprozesse werden alle reg. CO₂-Emissionen dem betrachteten System zugeordnet. Somit entfällt in diesem Fall der Zusatznutzen für das Ergebnis "Klimawandel", den Verpackungssysteme mit primären Regenerativmaterialien erhalten, wenn ihnen nur 50 % der CO₂-Emissionen zugeteilt werden.

Da die in dieser Studie angewendeten Entscheidungen und Konventionen teilweise auf politischen Gründen beruhen, ist es besonders wichtig, die Ergebnisse des 100 % Allokationsansatzes gleichberechtigt neben denen des 50 % Allokationsansatzes zu betrachten. Alle Schlussfolgerungen in dieser Studie basieren somit immer auf den Ergebnissen beider Beurteilungen (50%-Allokation und dem 100%-Allokation). Diese Neuerung geht weit über die Mindestanforderungen des UBA hinaus, die lediglich eine Sensitivität zur Allokation vorsehen. Als Autoren der Studie sehen wir aber die Notwendigkeit, den methodischen Fragen deutlich mehr Raum zu widmen, als dies in der Vergangenheit geschehen ist. Die Ergänzungen dienen der Transparenz und der Nachvollziehbarkeit an einem der vermutlich wesentlichsten methodischen Punkte innerhalb einer Ökobilanz. Der in dieser Studie praktizierte Ansatz, die Bilanzergebnisse der 50%-Allokation und die 100%-Allokation gleichrangig und miteinander zu bewerten, schützt davor, dass Schlussfolgerungen vor allem auf der Basis der „gewählten“ Bilanzierungstechnik getroffen werden.

Allokation 50% und Allokation 100% als gleichberechtigte Ansätze

3.6 Anforderungen an die Datenqualität

Entsprechend den 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 5.

3.6.1 Datentypen bei Prozessdaten

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:
 - 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 auch alle 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 Ressourcen-

verbräuche 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.

3.6.2 Datenarten

Grundsätzlich ist zwischen den folgenden Arten von Daten zu unterscheiden:

- primäre Vordergrunddaten
 - Daten, die für einen bestimmten Anwendungsfall aktuell und im Kontext der Untersuchung erhoben wurden (bspw. Verarbeitungsdaten für ein Verpackungssystem)
- sekundäre Vordergrunddaten
 - Daten, die in einem anderen Anwendungsfall (bspw. ältere Studie) aktuell und kontextspezifisch erhoben wurden (bspw. Verarbeitungsdaten für ein Verpackungssystem). Diese können (je nach Datensatz) z. B. auch aus Datenbanken entnommen sein, sofern diese entsprechende spezifische Daten bereitstellen.
- Hintergrunddaten
 - Daten, die einen definierten Sachverhalt beschreiben, ohne dabei speziell für den in der Untersuchung aktuell untersuchten Sachverhalt erhoben worden zu sein (z. B. Transportemissionen oder Emissionen der Energiebereitstellung im Ländermix).

3.6.3 Einordnung der Datenqualität

In der hier vorgelegten Studie werden entsprechend den Mindestanforderungen alle Prozesse der untersuchten Verpackungssysteme der 1. Ordnung mit primären bzw. sekundären Vordergrunddaten beschrieben. Dies betrifft insbesondere:

- Die Verpackungsspezifikationen und Umlaufzahlen, auf deren Basis der Referenzfluss generiert wird. Die Spezifikationen der GVK und Glas-Mehrweg-Systeme sind durch Stichproben überprüfte Herstellerangaben; die Gewichte der PET-Einweg-Systeme wurden mittels einer umfangreichen Marktbeprobung ermittelt. Es handelt sich somit jeweils um primäre Vordergrunddaten mit hoher Datenqualität.
- Die Verarbeitungsprozesse, die für alle Verpackungssysteme sekundären Vordergrunddaten die für die Studie neu aufbereitet wurden und somit eine hohe Datenqualität aufweisen.
- Die Distributionsdaten, die für alle in der Studie untersuchten Verpackungssysteme neu erhoben wurden und somit als primäre Vordergrunddaten mit hoher Qualität gelten.
- Die Entsorgungswege, die auf Basis von sekundären Vordergrunddaten mit Hilfe von verfügbaren Hintergrunddaten für die in der Studie untersuchten Verpackungssysteme adaptiert wurden und somit eine ausreichend valide Datenqualität aufweisen.

Somit werden alle signifikanten Parameter, die das Ergebnis der Ökobilanz beeinflussen (vgl. Kap. 7) mit einer über die Systeme hinweg gleichbleibend hohen Datenqualität beschrieben.

3.7 Wirkungskategorien und Wirkungsindikatoren

3.7.1 Verbindliche Bestandteile – Wirkungskategorien

Getränkeverpackungsökobilanzen, die dazu vorgesehen sind, im Kontext der VerpackV bzw. zukünftig VerpackG für das UBA/BMU Informationen bereit zu stellen, sind attributive Praxisökobilanzen. Die Methodik für UBA-Getränkeverpackungs-Ökobilanzen muss daher robuste Indikatoren enthalten, deren Sachbilanzbasis mit akzeptablem Aufwand in Regelökobilanzen erhebbar ist. Vor diesem Hintergrund sind die methodischen Elemente nachfolgend zusammengestellt.

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".

An dieser Stelle soll der Ziel- und Untersuchungsrahmen der einzelnen Wirkungskategorien entsprechend den Mindestanforderungen (Detzel et al. 2016) kurz beschrieben werden:

Für die Wirkungskategorie Ressourcenbeanspruchung wird als Schutzziel der Erhalt von Sachgütern bzw. im weiteren Sinne von Energie- und Materialressourcen definiert. Zur Abbildung der mit der Herstellung, Abfüllung, Distribution und Entsorgung der Getränkeverpackungen verbundenen Umweltwirkungen werden die folgenden Wirkungskategorien bilanziert und ausgewertet:

Ressourcenbeanspruchung

- **Kumulierter Ressourcenverbrauch als „Abiotic depletion Potential (ADP), ausgedrückt in kg Antimon Äquivalenten pro FU gem. der Methode von CML vor 2013¹**
- **Kumulierter nicht erneuerbarer Energieaufwand, ausgedrückt als KEA nicht erneuerbar in MJ pro FU**

Das mit den Ressourcen eng verknüpfte Thema Naturraumbeanspruchung wird als eigenständige Wirkungskategorie geführt. Das definierte Schutzziel ist die Naturnähe einer Fläche. Dazu ist die Fläche für die Materialproduktion und die Energieproduktion in Hemerobieklassen gegliedert zu erheben und auf Sachbilanzebene klassenweise zu aggregieren (in $m^2 \cdot 1a$). Die Charakterisierung genutzter Flächen erfolgt entsprechend der Hemerobiekategorie für Wald-/Forst-, Agrarsysteme, Deponie, Bergbau, sonstige. Folgende Charakterisierungsfaktoren werden für das Naturfernenpotenzial der definierten Hemerobieklassen (NFPi) verwendet:

Naturraumbeanspruchung

- Hemerobiekategorie VII $\Rightarrow 1,0$ ($m^2e \cdot 1a/m^2$)
- Hemerobiekategorie VI $\Rightarrow 0,5$ ($m^2e \cdot 1a/m^2$)

¹ ADP umfasst die Gewinnung von Mineralien und fossilen Brennstoffen. Das Charakterisierungsmodell basiert auf Reserven und der Rate der Entakkumulation, wobei der Indikator die Erschöpfung der endgültigen Reserve im Verhältnis zur jährlichen Nutzung ausdrückt.

Die neueste von CML [CML 2013] entwickelte Methode zur Trennung von ADP in zwei einzelne Wirkungskategorien, welche zusätzlich die Erschöpfung fossiler Ressourcen separat ausweist, wird nicht angewendet. Die Autoren der Studie sind der Ansicht, dass ein Schutzziel nicht durch zwei verschiedene Indikatoren adressiert werden sollte. Daher wird die vorherige CML-Methode angewendet, ohne ADP in zwei Kategorien zu trennen.

- Hemerobieklasse V $\Rightarrow 0,25$ ($m^2e * 1a/m^2$)
- Hemerobieklasse IV $\Rightarrow 0,125$ ($m^2e * 1a/m^2$)
- Hemerobieklasse III $\Rightarrow 0,0625$ ($m^2e * 1a/m^2$)
- Hemerobieklasse II $\Rightarrow 0,0313$ ($m^2e * 1a/m^2$)

Zur Abbildung der mit der Herstellung, Abfüllung, Distribution und Entsorgung der Getränkeverpackungen verbundenen Umweltwirkungen werden die folgenden Wirkungskategorien bilanziert und ausgewertet:

- **Naturraumbeanspruchung ausgedrückt in m^2 -Äquivalente pro Jahr pro FU**

Das definierte Schutzziel der Wirkungskategorie Wasserverbrauch ist eine geringe Wasserbeanspruchung im Sinne der Süßwasserbeanspruchung (volumetrisch-quantitativ) unter dem Aspekt vielfältiger ökologischer Wirkungen aufgrund von Wasserverknappung. Qualitative Aspekte werden in anderen Wirkungskategorien abgebildet, insbesondere in der Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung und Ökotoxizität. Die Auswirkungen von Qualitätsveränderungen auf die Süßwasserverfügbarkeit können nach derzeitigem Stand der Wissenschaft im Kontext der Wirkungsabschätzung in der Ökobilanz noch nicht adäquat adressiert werden. Stattdessen erfolgt eine Quantifizierung der Süßwasserbeanspruchung: Ausgewertet wird so genanntes „Blaues Wasser“, also Süßwasser aus Oberflächengewässern (Fluss, See, etc.), aus regenerierbarem und fossilem Grundwasser unter Berücksichtigung der regionalen Verfügbarkeit bzw. Knappheit von Süßwasser. Eine entsprechende Detaillierung der regionalen und damit modularen Aufschlüsselung im Kontext der Systemgrenzen wäre erforderlich, aber derzeit mit den verfügbaren Primär- und Sekundärdaten nicht leistbar. Zukünftig muss dieses Thema stärker bei der spezifischen Datenerhebung sowie bei der Dokumentation von Datensätzen aus Datenbanken berücksichtigt werden.

Wasserverbrauch

Zur Abbildung der mit der Herstellung, Abfüllung, Distribution und Entsorgung der Getränkeverpackungen verbundenen Umweltwirkungen werden die folgenden Wirkungskategorien bilanziert und ausgewertet:

- **Wasserverbrauch ausgedrückt in m^3 pro FU**

Das Schutzziel der Wirkungskategorie Klimawandel ist die Vermeidung vielfältiger Folgewirkungen aufgrund der globalen Erwärmung. Der Wirkungskategorie-Indikator ist das Treibhauspotenzial GWP100 kg CO₂e. Im Sinne der zeitlichen Systemgrenze werden alle Getränkeverpackungen (alle Verpackungsstufen) als kurzlebige Produkte (Lebensdauer < 10 Jahre) behandelt. Zudem werden alle direkten Landnutzungsänderungen nach 1990 vollumfänglich im untersuchten Produktsystem berücksichtigt. (1990 ist eine pragmatische Setzung, sie entspricht dabei dem Bezugsjahr von internationalen Bemühungen und Abkommen zum Klimaschutz).

Klimawandel

Zur Abbildung der mit der Herstellung, Abfüllung, Distribution und Entsorgung der Getränkeverpackungen verbundenen Umweltwirkungen werden die folgenden Wirkungskategorien bilanziert und ausgewertet:

- **Klimawandel ausgedrückt in kg CO₂-Äquivalenten pro FU**

Schutzziel der Wirkungskategorie Eutrophierung und Sauerstoffzehrung ist die Aufrechterhaltung des standortangepassten aeroben Zustands in Gewässern und der standortangepassten Nährstoffsituation in terrestrischen Ökosystemen. Betrachtet wird das Eutrophierungspotenzial.

Eutrophierung und Sauerstoffzehrung

Die Wirkungskategorie wird unterteilt in

- Eutrophierungspotenzial_{aquatisch} ($EP_{\text{aquatisch}}$)
- Eutrophierungspotenzial_{terrestrisch} ($EP_{\text{terrestrisch}}$)

Grundlage der Ermittlung des $EP_{\text{aquatisch}}$ ist die Primärwirkung „Wachstum pflanzlicher Biomasse“ und die Sekundärwirkung „Sauerstoffzehrung“. Berücksichtigt werden Emissionen von P- und N-Verbindungen ins Wasser (vgl. Anhang 7). Zur Worst-Case-Abschätzung der Sekundärwirkung „Sauerstoffzehrung“ wird der CSB herangezogen. Grundlage der Ermittlung des $EP_{\text{terrestrisch}}$ ist die Primärwirkung „Wachstum pflanzlicher Biomasse“. Berücksichtigt werden Emissionen von N-Verbindungen in die Luft.

Zur Abbildung der mit der Herstellung, Abfüllung, Distribution und Entsorgung der Getränkeverpackungen verbundenen Umweltwirkungen werden die folgenden Wirkungskategorien bilanziert und ausgewertet:

- **Terrestrische Eutrophierung ausgedrückt in g PO_4 Äquivalenten pro FU**
- **Aquatische Eutrophierung ausgedrückt in g PO_4 Äquivalenten pro FU**

Das Schutzziel der Wirkungskategorie Versauerung ist als die Verhinderung der fortschreitenden Versauerung von terrestrischen und aquatischen Ökosystemen definiert. Betrachtet wird das maximale Versauerungspotenzial; dabei werden Emissionen in Luft, Wasser und Boden berücksichtigt. Der Wirkungskategorie-Indikator ist das maximale Protonenbildungspotenzial bzw. Versauerungspotenzial (AP: Acidification Potential) ($\text{kg SO}_2\text{-e}/\text{kg}_{\text{Emission i}}$).

Versauerung

Zur Abbildung der mit der Herstellung, Abfüllung, Distribution und Entsorgung der Getränkeverpackungen verbundenen Umweltwirkungen werden die folgenden Wirkungskategorien bilanziert und ausgewertet:

- **Versauerung ausgedrückt in g SO_2 Äquivalente**

Schutzziel der Wirkungskategorie Photochemische Oxidantienbildung/ Sommersmog ist die Vermeidung vielfältiger Folgewirkungen durch Bildung von Photooxidantien. Als Hauptverursacher gelten leichtflüchtige organische Verbindungen (VOC), die den durch Stickstoffoxide bedingten Zyklus von Bildung und Abbau bodennahen Ozons unterbrechen. Der Wirkungskategorie-Indikator ist die maximale inkrementelle Reaktivität (Maximum Incremental Reactivity) MIR, ausgedrückt in Ozonbildung ($\text{kg O}_3\text{-e}$).

Photochemische Oxidantienbildung/Sommersmog

Zur Abbildung der mit der Herstellung, Abfüllung, Distribution und Entsorgung der Getränkeverpackungen verbundenen Umweltwirkungen werden die folgenden Wirkungskategorien bilanziert und ausgewertet:

- **Sommersmog ausgedrückt in g O_3 Äquivalenten pro FU**

In der Wirkungskategorie Stratosphärischer Ozonabbau ist das Schutzziel als die Vermeidung vielfältiger Folgewirkungen aufgrund abnehmender Ozonkonzentration in der Stratosphäre definiert. Der Wirkungskategorie-Indikator ist das Ozonabbaupotenzial (Ozone Depletion Potential) ODP (kg CFC-11e).

Stratosphärischer Ozonabbau

Zur Abbildung der mit der Herstellung, Abfüllung, Distribution und Entsorgung der Getränkeverpackungen verbundenen Umweltwirkungen werden die folgenden Wirkungskategorien bilanziert und ausgewertet:

- **Stratosphärischer Ozonabbau ausgedrückt in kg R11 Äquivalenten pro FU**

Die toxische Schädigung von Menschen adressieren die toxischen Wirkungen der durch die Lebenswegabschnitte der Verpackungssysteme freigesetzten Emissionen. Das Schutzziel adressiert keine Wirkungen, die möglicherweise mit dem Verzehr der Produkte einhergehen können (Abgrenzung zur Risikoanalyse). Betrachtet werden toxisch wirkende Emissionen in Form As Äquivalenten CRP_i [kg As-e/kg_{Emission i}].

Toxische Schädigung von Menschen durch Feinstaub, toxische Schädigung von Menschen durch ionisierende Strahlung

Im Rahmen der Wirkungskategorie „toxische Schädigung von Menschen durch ionisierende Strahlung“ wird ausschließlich der Regelbetrieb der Kernbrennstoffindustrie zur Stromerzeugung in Atomkraftwerken adressiert. Die Wirkungskategorie wird angegeben als AD_i: Absorbierte Dosis: [Person-Sv/kBq_{Emission i}].

Zur Abbildung der mit der Herstellung, Abfüllung, Distribution und Entsorgung der Getränkeverpackungen verbundenen Umweltwirkungen werden die folgenden Wirkungskategorien bilanziert und ausgewertet:

- **Humantoxizität: Feinstaub, ausgedrückt in kg PM 2,5 Äquivalenten pro FU**
- **Humantoxizität: Krebsrisikopotenzial, ausgedrückt in g As Äquivalente pro FU**
- **Humantoxizität: ionisierende Strahlung, ausgedrückt in kg U235 Äquivalente pro FU**

Die Auswahl der Wirkungskategorien orientiert sich an den Mindestanforderungen des UBA, ohne diesen jedoch im Detail zu folgen. So sind bspw. Wirkungskategorieen, die bereits im Zuge der 2019er Studie im Rahmen der Auswertung der Ökobilanzergebnisse aufgrund qualitativer Mängel verworfen wurden – wie bspw. der KRA und das USEtox Modell – nicht weiter Bestandteil diese Studie. Die durch sie beschriebenen Umweltproblemfelder werden nun durch andere, in der Bewertung als validere Kategorien wie ADP und „traditionelle“ Humantoxizitätskategorien ersetzt.

Abweichungen zu den UBA Mindestanforderungen

Die bereits 2019 formulierten Mängel an den Wirkungskategorien Wasserbeanspruchung, Naturraumbeanspruchung und ionisierende Strahlung werden teilweise dadurch ausgeräumt, dass vereinfachte Modelle zur Anwendung kommen (Wasserverbrauch statt Süßwasserbeanspruchung) oder qualitative Mängel billigend in Kauf genommen werden (ionisierende Strahlung). Dennoch muss die Auswertung das Thema der Belastbarkeit der Wirkungskategorien reflektieren. Dies geschieht bei der Ableitung der Auswertestrategie(en) im Rahmen von Kapitel 8.1.

3.7.2 Optionale Bestandteile – Normierung, Ordnung, Gewichtung

Nach ISO 14044 (Nr. 4.4.3) kann die Auswertung drei optionale Elemente enthalten:

- Normierung
- Ordnung
- Gewichtung

Gem. Nr. 5.3.2 legt die ISO 14044 für das Element der Ordnung keine spezifische Verfahren fest, noch unterstützt sie die zugrundeliegenden, für die Ordnung der Wirkungskategorien verwendeten Werthaltungen und Beurteilungen. Diese liegen in alleiniger Verantwortung des Auftraggebers der Studie (z. B. Regierung, Gemeinde, Organisation, usw.) sowie der Autoren.

Im Rahmen der Auswertung und Interpretation werden in der vorliegenden Studie werden alle drei Elemente Normierung, Ordnung sowie auf Wunsch des Umweltbundesamtes auch die Gewichtung durchgeführt. Aus Aufwandsgründen kann dies im gegebenen Projektrahmen nur exemplarisch erfolgen.

Bei der hier durchgeführten Normierung werden die wirkungsbezogenen, aggregierten Umweltbelastungen über ihren „spezifischen Beitrag“ in Form von so genannten Einwohnerdurchschnittswerten dargestellt (vgl. Kapitel 6.2). Diese geben an, welchen mittleren Beitrag ein Einwohner in einem gegebenen geographischen Bezugsraum pro Jahr an den jeweiligen Wirkungskategorien hat. Damit können Informationen zur Relevanz einzelner Kategorien gewonnen werden.

Normierung

Die Normierung erfolgt im Rahmen dieser Studie unter Bezugnahme auf die Jahresverbrauchs menge in den untersuchten Getränkeseg menten in Deutschland. Die Festlegung der Normierungsbasis wird für alle ausgewerteten Ergebnisse dokumentiert.

Die Rangbildung als Basis der Ordnung wurde in (UBA 1999) nur für einen Teil der hier verbindlich vorgegebenen Wirkungskategorien durchgeführt, und eine Aktualisierung der Einordnung der „ökologischen Priorität“ der in (UBA 1999) berücksichtigten Wirkungskategorien liegt bislang nicht vor. Daher kann das methodische Element „Ordnung“ gemäß (UBA 1999) nur in Teilen angewendet werden (vgl. auch Kapitel „Auswertung“).

Ordnung durch Rangbildung

Die Gewichtung wird anhand der Methode der deutschen Umweltbelastungspunkte durchgeführt. Im diesem Rahmen werden auch numerische Ergebnisse ausgewählter Wirkungskategorien und Einzelparameter durch Gewichtung in eine einheitliche Einheit gebracht und addiert. Da die Ökobilanzen von Getränkeverpackungen, die im Kontext der Verpackungsverordnung beim Umweltbundesamt eingereicht werden, aufgrund der verpflichtenden Aufnahme eines Referenzsystems immer vergleichende Aussagen enthalten und zur öffentlichen Kommunikation vorgesehen sind, ist die Gewichtung gemäß ISO 14040 ff nicht zulässig. Das Umweltbundesamt sieht in der Methode der Umweltbelastungspunkte eine ergänzende Auswertestrategie und erhofft sich von den Ergebnissen zusätzliche Erkenntnisse. Nach Auffassung der Autoren verlieren zu einem Einzelwert verdichtete Ökobilanzergebnisse in erheblichem Maße an Transparenz und Nachvollziehbarkeit. Der Einzelwert nimmt Leserinnen und Lesern der Ökobilanz die Möglichkeit, sich kritisch mit der Auswertestrategie auseinanderzusetzen und ggf. eigene Überlegungen zur Interpretation der Ergebnisse anzustellen. Nicht ohne Grund sprechen sich die Mindestanforderungen für Getränkeverpackungsökobilanzen gegen die Anwendung von Einzelindikatoren aus.

Gewichtung als Teil der Studie aber außerhalb der ISO Norm

3.8 Ergänzende Performanceindikatoren

Wie bereits in Kapitel 2.1 erwähnt, werden die bilanzierten Ergebnisse einer umfassenden Lebenswegbetrachtung, wie sie in einer Ökobilanz durchgeführt wird, in der Praxis auch im Zusammenhang mit verschiedenen Einzelaspekten diskutiert. An diesem Vorgehen ist an sich kein Fehler, da eine Ökobilanz auch immer nur Teilaspekte der produktbezogenen Umweltdiskussion abdecken kann.

Die politische Diskussion nimmt stets auch eine abfallrechtliche Bewertung der untersuchten Verpackungssysteme vor. Diese Bewertung kann und soll nicht Gegenstand einer Ökobilanz sein. Dennoch können die im Rahmen einer Ökobilanz erhobenen und verarbeiteten Daten und Parameter wichtige Eingangsgrößen für eben diese Diskussion bereitstellen, so dass die Bewertung der Ökobilanzergebnisse und die abfallwirtschaftliche Bewertung wenigstens auf einer gemeinsamen und einheitlichen Datenbasis aufbauen.

Für die politische Diskussion werden daher Performanceindikatoren entwickelt, die primär eine Paraphrasierung relevanter Teile des Gesetzes über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die hochwertige Verwertung von Verpackungen (Verpackungsgesetz, VerpackG) darstellt. Dabei sind insbesondere die Regelungen des § 1 sowie § 4 und des § 21 von Bedeutung:

Bewertung anhand der Ziele des VerpackG

„ § 1 Abfallwirtschaftliche Ziele

- (1) *Dieses Gesetz legt Anforderungen an die Produktverantwortung nach § 23 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes für Verpackungen fest. Es bezweckt, die Auswirkungen von Verpackungsabfällen auf die Umwelt zu vermeiden oder zu verringern. Um dieses Ziel zu erreichen, soll das Gesetz das Verhalten der Verpflichteten so regeln, dass Verpackungsabfälle vorrangig vermieden und darüber hinaus einer Vorbereitung zur Wiederverwendung oder dem Recycling zugeführt werden. Dabei sollen die Marktteilnehmer vor unlauterem Wettbewerb geschützt werden.*
- (2) (...)
- (3) *Der Anteil der in Mehrweggetränkeverpackungen abgefüllten Getränke soll mit dem Ziel der Abfallvermeidung gestärkt und das Recycling von Getränkeverpackungen in geschlossenen Kreisläufen gefördert werden. Zur Überprüfung der Wirksamkeit der in diesem Gesetz vorgesehenen Mehrwegförderung ermittelt das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit jährlich den Anteil der in Mehrweggetränkeverpackungen abgefüllten Getränke und gibt die Ergebnisse bekannt. Ziel ist es, einen Anteil von in Mehrweggetränkeverpackungen abgefüllten Getränken in Höhe von mindestens 70 Prozent zu erreichen.*

(...)

§ 4 Allgemeine Anforderungen an Verpackungen

Verpackungen sind so herzustellen und zu vertreiben, dass

1. *Verpackungsvolumen und -masse auf das Mindestmaß begrenzt werden, das zur Gewährleistung der erforderlichen Sicherheit und Hygiene der zu verpackenden Ware und zu deren Akzeptanz durch den Verbraucher angemessen ist;*
2. *ihre Wiederverwendung oder Verwertung möglich ist und die Umweltauswirkungen bei der Wiederverwendung, der Vorbereitung zur Wiederverwendung, dem*

Recycling, der sonstigen Verwertung oder der Beseitigung der Verpackungsabfälle auf ein Mindestmaß beschränkt bleiben;

3. (...)
4. *die Wiederverwendbarkeit von Verpackungen und der Anteil von sekundären Rohstoffen an der Verpackungsmasse auf ein möglichst hohes Maß gesteigert wird, welches unter Berücksichtigung der Gewährleistung der erforderlichen Sicherheit und Hygiene der zu verpackenden Ware und unter Berücksichtigung der Akzeptanz für den Verbraucher technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist.*

(...)

§ 21 Ökologische Gestaltung der Beteiligungsentgelte

- (1) *Systeme sind verpflichtet, im Rahmen der Bemessung der Beteiligungsentgelte Anreize zu schaffen, um bei der Herstellung von systembeteiligungspflichtigen Verpackungen*
 1. *die Verwendung von Materialien und Materialkombinationen zu fördern, die unter Berücksichtigung der Praxis der Sortierung und Verwertung zu einem möglichst hohen Prozentsatz recycelt werden können, und*
 2. *die Verwendung von Recyclaten sowie von nachwachsenden Rohstoffen zu fördern. (...)*

Die Metathemen des Gesetzes sind somit Vermeiden, Wiederverwenden und Verwerten – Themen die sich auch direkt aus der Abfallhierarchie des KrWG ableiten lassen. Mögliche Performanceindikatoren wären somit die folgenden, wobei zu beachten ist, dass alle Performanceindikatoren so designed werden, dass hohe Beiträge als negativ zu interpretieren sind:

Ableitung von Performanceindikatoren

1. Verhältnis Packmittel (gesamt) zu Füllgut
in dem Sinne, dass positiv bewertet wird, je weniger Packmittelmasse zur Distribution des Füllgutes aufgewendet werden muss
2. Materialneueinspeisung in die Verpackungssysteme
wie 1., nur dadurch erweitert, dass die Umlaufhäufigkeit der Packmittel in die Berechnung integriert wird, um die Anforderungen von § 1 Abs. 3 und § 4 Abs. 2. VerpackG zu berücksichtigen
3. Anteil der NICHT zur Verwertung erfasster Primärpackmittel
in dem Sinne, dass eine hohe Verwertungszuführungsquote die Anforderungen des Gesetzes (insbesondere § 1 und § 4 VerpackG) besser erfüllt als eine niedrige. Im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung kann der Anteil der nicht zur Verwertung erfassten Verpackungen als maximal mögliches Litteringpotenzial interpretiert werden.

Aus den Anforderungen der § 21 VerpackG, der für die in dieser Studie untersuchten Einwegverpackungen maßgebliche Anforderungen enthält, lassen sich die folgenden Performanceindikatoren ableiten:

4. Anteil der Primärverpackung in thermischer Verwertung
in dem Sinne, dass §21 VerpackG eine hohe werkstoffliche Verwertung fördert und die Zuführung zu einer thermischen Verwertung somit negativ für die Verpackung zu werten ist
5. Anteil Primärmaterial in der Verpackung
in dem Sinne, dass § 21 VerpackG einen hohen Anteil von Sekundärmaterial fördert und somit der Einsatz von Primärmaterial negativ für die Verpackung zu werten ist

6. Anteil nicht erneuerbaren Materials in der Verpackung

in dem Sinne, dass § 21 VerpackG einen hohen Anteil von nachwachsenden Rohstoffen fördert und somit der Einsatz von fossil basiertem Material negativ für die Verpackung zu werten ist

Die Ergebnisse der Performanceindikatoren sollen nicht gegen die Ergebnisse der Ökobilanzierung „ausgespielt“ werden. Ziel ist es, wie erwähnt, einer flankierenden Bewertung durch die Politik mit Ergebnissen aus einer einheitlichen Datengrundlage Hilfestellungen zu leisten. Auch finden die Ergebnisse der Performanceindikatoren bei der Interpretation der Ökobilanzergebnisse und der Formulierung von Schlussfolgerungen Anwendung.

3.9 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, der 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. Auf Basis der Beschreibung der Ergebnisse werden für die unterschiedlichen untersuchten Verpackungssysteme ein Ranking erstellt und die ergebnisbestimmenden Parameter identifiziert. Anhand der Eingangsdaten wird dann argumentiert, ob die rechnerischen Ergebnisse der Bilanzierung für die jeweilige Wirkungskategorie belastbar sind.

Die als belastbar identifizierten Wirkungskategorien werden dann unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Normierung zu einer Auswertestrategie gemäß den Anforderungen von Bewertung 1999 verarbeitet. Ziel von Bewertung 1999 ist es, den verschiedenen ausgewerteten Umweltwirkungskategorien so genannte ökologische Prioritäten zuzuweisen, um auf diesem Wege mehr Argumente für den ökobilanziellen Vergleich zur Verfügung zu haben. Diese Priorisierung darf laut UBA nicht als eine Form der (numerischen) Gewichtung verstanden werden.

Bewertung 1999 als Standard der UBA Mindestanforderungen

Die Diskussion um neuere Ökobilanzergebnisse, die mit Hilfe von Bewertung 1999 erzeugt wurden, zeigt, dass die Grundlagen des Modells in die Jahre gekommen sind und von den Studienerstellern zunehmend eigene, ergänzende Methoden der Auswertung erwartet werden. Das Umweltbundesamt hat in den internen Diskussionen um die FKN Studie von 2019 wiederholt die Anwendung einer alternativen Bewertungsmethode gefordert und sich dabei auf die Anwendung der deutschen Umweltbelastungspunkte fokussiert. Die Autoren der vorliegenden Studie haben große Zweifel, ob die Anwendung eines Ein-Indikators sachgerecht im Rahmen einer Ökobilanz verwendet werden kann, die den Anspruch der ISO-Konformität anstrebt. Die Anwendung der deutschen Umweltbelastungspunkte erfolgt daher informativ aber nicht als alleinige Variante zu Bewertung 1999.

Notwendigkeit alternativer Auswertemodelle

Vielmehr werden im Rahmen der Auswertung die Faktoren „Belastbarkeit“ der einzelnen Wirkungskategorien und auch die „Lokalisierung“ der potenziellen Umweltauswirkungen für die Ergebnisdiskussion aufbereitet.

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 darum, kleine Unterschiede nicht zu überinterpretieren.

- Für auszuwertende Sachbilanzparameter und Ergebnisse der verbindlichen Bestandteile der Wirkungsabschätzung (charakterisierte Daten) wird hierzu durch die Mindestanforderungen ein Vorgabewert von 0,1 als Signifikanzschwelle angesetzt. Die Ergebniswerte des Referenzsystems werden dabei für alle Vergleiche als Nenner gesetzt. Unterschiede von $> 0,1$ sind als signifikant anzusehen.
- Zur Absicherung dieser Setzung ist eine Prüfung der Signifikanzschwelle für jede Wirkungskategorie vorzunehmen. Dazu ist die Angemessenheit des Vorgabewertes von 0,1 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. In einem solchen Fall muss die Datenlage vor Einreichung der Studie beim Umweltbundesamt rekursiv verbessert werden.

**Signifikanzschwelle für den
Ergebnisvergleich**

4 Ermittlung relevanter Systemparameter

Systemrelevante Parameter sind im Rahmen dieser Studie alle Parameter, welche die Hauptmassenflüsse und Hauptenergieflüsse generieren oder lenken. Die Identifikation der „Relevanz“ dieser Parameter kann nur retrospektiv und stets nur verpackungssystemspezifisch erfolgen – im vorliegenden Falle allein durch die langjährige Expertise der Studienautoren. Konkret handelt es sich dabei um die folgenden Parameter:

- **Verpackungsgewichte**
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.
- **Umlaufzahlen**
sind relevant für alle Mehrwegverpackungen. Im Rahmen der ökobilanziellen Berechnung lässt sich durch die wiederholte Nutzung von Verpackungskomponenten der Materialfluss an notwendigem Verpackungsmaterial reduzieren.
- **Abfülldaten**
sind vor allem relevant für Mehrwegsysteme, da hier die Lasten der Aufbereitung der Mehrwegpackmittel subsumiert werden.
- **Entsorgungswege**
sind relevant für alle Einwegpackmittel der Einweg- und Mehrwegsysteme, da hier festgelegt wird, welcher Anteil des Massenstroms werkstofflich bzw. thermisch verwertet wird und somit entsprechende Umweltlasten und über die erzielbaren Gutschriften auch Umweltentlastungen generiert.

Ergebnisrelevante Systemparameter

Die Ermittlung der Parameter, welche die Verpackungssysteme beschreiben, ist ein wesentlicher Bestandteil jeder ökobilanziellen Untersuchung. Die Transparenz der Bilanzierung und die Validität der Ergebnisse hängen im hohen Maße von der Erhebung und Aufbereitung eben dieser Parameter ab. Die Mindestanforderungen des Umweltbundesamtes haben an dieser Stelle einen Standard etabliert, der eine breit akzeptierte Richtschnur darstellt. Die Erhebung der Parameter für die in dieser Studie untersuchten Verpackungssysteme orientiert sich dabei detailliert an den Mindestanforderungen. Den Unterkapiteln sind daher jeweils eine Paraphrasierung der Mindestanforderungen sowie deren Interpretation durch die Autoren der Studie bzw. der Fachgutachten vorangestellt.

In der Praxis haben sich Lücken in den Mindestanforderungen gezeigt, insbesondere dann, wenn Parameter aufgrund fehlender Mitwirkungsbereitschaft ohne aktive Beteiligung der jeweiligen Systembetreiber zu erheben waren. Im Rahmen dieser Studie betrifft dies vor allem die Umlaufzahlen und die Distributionsentfernungen. Die Ergebnisse der Fachgutachten wurden mit den jeweiligen Verbänden diskutiert, jedoch keine relevanten Änderungsbedarfe formuliert. Diese wurden erst nach Vorlage der ersten Studienversion im Jahr 2019 artikuliert. Hier sollten die Mindestanforderungen des UBA aus Sicht der Autoren dahingehend überarbeitet werden, dass den erarbeiteten Parametern eine verbindli-

Notwendige Ergänzungen der Mindestanforderungen

che Gültigkeit beschieden wird, wenn nach einer zeitlich begrenzten Phase keine substantiell anderen Informationen aus einer transparenten und nachvollziehbaren Erhebung vorgelegt werden.

4.1 Beschreibung der zu untersuchenden Verpackungssysteme

Verpackungsspezifikationen

4.1.1 Mindestanforderungen an die Beschreibung der zu untersuchenden Verpackungssysteme

Die für die Untersuchung ausgewählten Verpackungssysteme sind im Rahmen der Sachbilanz hinsichtlich der folgenden Aspekte detailliert zu beschreiben:

- Die technische Spezifikation der Verpackungssysteme muss umfassend und eindeutig für alle Verpackungsstufen erfolgen. Dazu gehören Informationen wie
 - Anzahl Hauptpackmittel pro Sekundärpackmittel (z. B. Mehrweg-Glasflaschen je Mehrweg-Kasten),
 - Anzahl Sekundärpackmittel (oder Tertiär-) pro Lage einer Palette,
 - Anzahl Lagen pro Palette.
- Die Hauptpackmittel sind hinsichtlich Packmitteltyp, Packstoff, Klassifikation und Füllgröße zu differenzieren und zu beschreiben. Die Faktoren Packmitteltyp, Packstoff und Klassifikation bilden Getränkeverpackungsgruppen ab, innerhalb derer nach Füllgröße zu differenzieren ist.
- Eine Durchschnittsbildung ist nur hinsichtlich der Masse und nicht hinsichtlich der Füllgrößen der jeweils differenzierten Packmittel erlaubt.

Sollten unterschiedliche Varianten der Etikettierung und Verschlusstechnik berücksichtigt werden, sind diese Varianten zu beschreiben und bezüglich ihrer Marktrelevanz zu charakterisieren.

4.1.2 Ermittlung der Packmittelgewichte

Die Ermittlung der Packmittelgewichte war Gegenstand des „Fachgutachten zur Ermittlung und Bestimmung der Verpackungen im Getränkesegment Säfte und Nektare und den Getränkegruppen H-Milch und pasteurisierte Konsummilch/ESL-Milch“, welches im Sommer 2017 durch das ifeu und die GVM vorgelegt wurde. Darin wurden die Massen sämtlicher Bestandteile der untersuchten Verpackungssysteme ermittelt. Im Fokus waren dabei die Primärverpackungen, doch enthält das Gutachten auch Aussagen zur Um- und Transportverpackung.

Methodisches Vorgehen

Folgende vier Methoden sind zur Ermittlung der Packmittelgewichte zulässig:

1. Technische Spezifikation unter Berücksichtigung der Marktbedeutung bei mehreren Spezifikationswerten

2. Literaturdaten und andere Quellen, nur für Nebenpackmittel wie Verschlüsse und Etiketten und nur, wenn Primärquellen zitierbar und transparent sind
3. Auswiegen der restentleerten Packmittel mit einem standardisierten Verfahren¹ als der direkte Weg zur Ermittlung der Packmittelgewichte, v. a. wenn keine anderen Daten zur Verfügung stehen, aber auch als Kontrollinstrument
4. Indirekte Verfahren wie eine Input-Output-Rechnung, wenn die Datengenerierung für die Studienersteller und das Critical Review transparent sind.

Grundsätzlich ist für die Methoden 1, 2 und 4 eine Kontrollwiegung für alle Packmittel mit Ausnahme der Packhilfsmittel notwendig. Bei einer Überprüfung genügt eine Stichprobenanzahl von 10, für die Genese von Packmittelgewichten (Methode 3) ist eine Stichprobengröße von 30 notwendig. Für ähnliche Packmittel ist eine geschichtete Stichprobe notwendig.

Die Bestimmung der Packmittelgewichte wurde wie folgt durchgeführt:

- Die Ableitung der Gewichte und der Materialzusammensetzung für die Hauptpackmittel im Verpackungssystem GVK erfolgte durch eine gewichtete Mittelwertbildung auf Basis der Herstellerdaten (EloPak, SIG Combibloc und Tetra Pak) sowie einer Stichprobenüberprüfung der Gewichte (kleine Stichprobe: 10 Proben pro Verpackungssystem).
- Die Spezifikationen der Um- und Transportverpackungen im Verpackungssystem GVK wurden aus Studien zusammengetragen und mittels Sichtproben im Markt verifiziert. Es handelt sich dabei um eine generische Ableitung. Aus Aufwandsgründen wurden keine Primärdaten bei den Produzenten der GVK-Systeme erhoben.
- Die Ableitung der Haupt- und Nebenpackmittel im Verpackungssystem PET EW erfolgte durch eine große Stichprobe mit entsprechender Schichtung und Streuung im Markt. Dafür wurden verschiedene Flaschen eingekauft und verwogen. Hinsichtlich der Materialspezifikationen wurden begründete Annahmen (bspw. Multilayer) überprüft, z. B. durch Mikroskopieren von Querschnitten der Flaschenwände.
- Die Spezifikationen der Um- und Transportverpackungen im Verpackungssystem PET EW wurden aus Studien zusammengetragen und mittels Stichproben im Markt verifiziert.
- Die untersuchten Mehrwegflaschen waren bereits Gegenstand von Verpackungsökobilanzen. Somit lagen Daten aus der Literatur vor. Diese konnten darüber hinaus mit den sogenannten Zeichnungsgewichten der Glashütten überprüft werden. Zur endgültigen Verifikation wurde zudem eine kleine Stichprobe zur Kontrollwiegung durchgeführt. Auch die Gewichte der Kästen konnten aus der Literatur übernommen werden. Zusätzlich wurde eine Kontrollverwiegung durchgeführt.

Die Datenbasis reflektiert die durchschnittlichen deutschen Verhältnisse innerhalb der zu untersuchenden Getränkesegmente bzw. Getränkegruppen in den Jahren 2015 bis 2016. Die Verwiegung der Stichproben wurde mittels einer Feinwaage mit einer Messgenauigkeit von drei signifikanten Stellen bezogen auf Gramm durchgeführt.

4.1.3 Verpackungsspezifikationen der Getränkeverbundkartons

Für die vier in der Studie zu untersuchenden GVK (1,0-l- und 1,5-l-Getränkekarton mit Aluminium im GS Saft und Nektar, 1,0-l-Getränkekarton im GS H-Milch und 1,0-l-

Packmittelgewichte im System GVK

¹ Die Verpackungen wurden mehrmals verwogen um den Aspekt der Trocknung angemessen zu berücksichtigen.

Getränkekarton im GS pasteurisierte Milch – das System GVK mit Top® bleibt an dieser Stelle in der Darstellung ausgeklammert) wurden Daten bei den Produzenten erhoben und absatzgewichtet miteinander verrechnet. Diese zeigen das folgende Bild:

- 1,0-l-Getränkekarton mit Aluminium im GS Saft und Nektar:
Körper: 31,31 g **Verschluss:** 3,65 g
- 1,5-l-Getränkekarton mit Aluminium im GS Saft und Nektar:
Körper: 41,65 g **Verschluss:** 2,78 g
- 1,0-l-Getränkekarton im GS H-Milch:
Körper: 28,13 g **Verschluss:** 2,55 g
- 1,0-l-Getränkekarton im GS past. Milch:
Körper: 26,80 g **Verschluss:** 2,45 g

Diese Herstellerwerte wurden mittels einer kleinen Stichprobe (10 Gebinde pro System) überprüft. Die Abweichungen sind jeweils im tolerierbaren Bereich (gem. der Mindestanforderungen: max. 5 %), so dass für die ökobilanzielle Berechnung der Herstellerwert verwendet werden kann.

Die Verschlüsse der Getränkekartons bestehen aus dem eigentlichen Schraubdeckel, dem Verschlussunterteil mit Gewinde, das in den Körper (Fachausdruck bei GVK: Sleeve) eingearbeitet ist und ggf. noch dem Eindrehher (nicht bei allen Verschlüssen). Als Material werden sowohl PP als auch PE eingesetzt. Mitunter sind Mischformen möglich (bspw. Deckel aus PP, Unterteil aus PE).

Die gemessenen Gewichte der Verschlüsse variieren zwischen 1,45 g und 6,22 g. Jedoch ist anzumerken, dass die Stichprobengröße nicht groß genug ist, um repräsentative Ergebnisse im Sinne der Mindestanforderungen zu produzieren. Für eine ökobilanzielle Untersuchung nach Maßgabe der Mindestanforderungen wurde daher bei der Ableitung der Spezifikationen auf die Auswertung der Herstellerdaten zurückgegriffen.

Die im Rahmen der Studie identifizierten Gewichte der Hauptpackmittel der Getränkekartons sind in der nachfolgenden Grafik dargestellt.

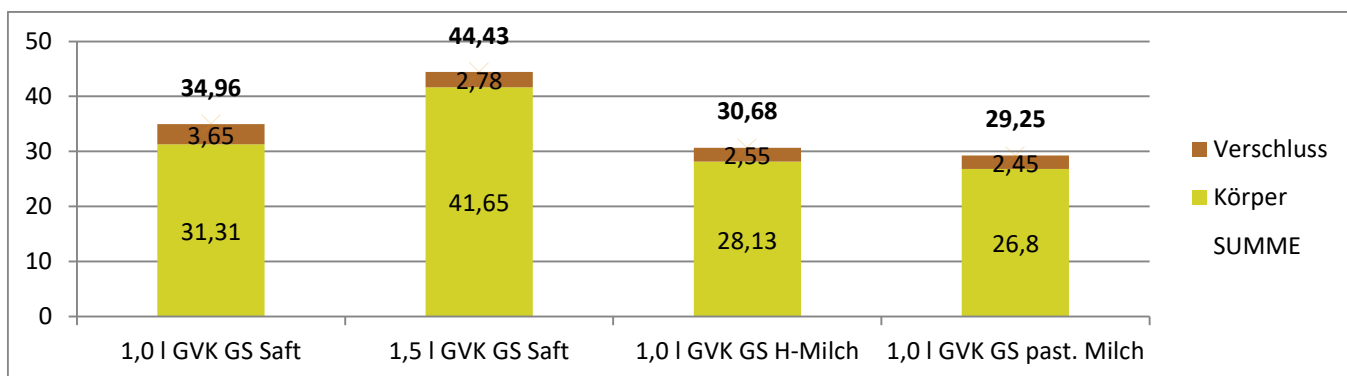


Abbildung 4.1: Verpackungsspezifikation GVK in g pro Stück

Getränkekartons werden üblicherweise in Umkartons distribuiert. Es sind grundsätzlich die Varianten offener Tray oder Wrap-Around zu unterscheiden. Die Zahl der in einer Umverpackung verpackten Kartons ist unterschiedlich. 2x3, 2x4, 2x5, 2x6, 3x4 und 4x4 gelten als übliches Maß, individuelle Abweichungen sind möglich. Aufgrund der generell guten Sta-

pelbarkeit der rechteckigen GVKs hat die Wahl der Umverpackungen nur bedingt Einfluss auf die maximale Anzahl an GVKs pro Palette.

Als Hauptvarianten werden identifiziert:

- Im GS Saft sind die 2x3- und 2x4-Karton-Trays mit einem Gewicht von 108,5 g bzw. 145,9 g die häufigsten Varianten.
- Im GS H-Milch ist die 12er Verpackungseinheit derzeit mehr oder weniger Standard. Die häufigste Variante (80 %) ist ein 2x6-Tray (130,1 g); daneben gibt es noch eine Variante mit 3x4 Kartons (108,8 g).
- Im GS pasteurisierte Milch findet sich vor allem der 2x5-Wellpappe-Tray mit einem Gewicht von 136,4 g.

In Deutschland werden im GS H-Milch auch 2x3-GVK in einem LDPE-Schrumpfpack angeboten (bspw. Weihestephan). Prinzipiell ist diese Form der Umverpackung aber auch in allen anderen Getränkesegmenten denkbar.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Zusammenstellung der erhobenen Packmittelgewichte.

Tabelle 4.1: Zusammenstellung der Verpackungsspezifikationen der Getränkeverbundkartons

	1,0 l GVK GS Säfte und Nek- tare	1,5 l GVK GS Säfte und Nek- tare	1,0 l GVK GS H-Milch	1,0 l GVK GS Frischmilch
Primärverpackung				
Hauptpackmittel	31,31 g (Körper)	41,65 g (Körper)	28,13 g (Körper)	26,80 g (Körper)
Nebenpackmittel	3,65 g (Verschl.)	2,78 g (Verschl.)	2,55 g (Verschl.)	2,45 g (Verschl.)
Sekundärverpackung				
Hauptpackmittel	127 g (Papp-Tray)	131 g (Papp-Tray)	126 g (Papp-Tray)	143 g (Papp-Tray)
Nebenpackmittel				
Transportverpackung				
Hauptpackmittel	9.500 g (DHP)	9.500 g (DHP)	9.500 g (DHP)	9.500 g (DHP)
Nebenpackmittel	180 g (Folie)	180 g (Folie)	180 g (Folie)	180 g (Folie)
Stapelplan				
Primärpackmittel je Sekundär- packmittel	8	8	12	12
Sekundärpackmittel je Lage	8	8	6	6
Lage pro Palette	5	4	5	5
Größeninformation				
Gebinde pro Palette	320	256	360	360
Liter pro Palette	320 l	384 l	360 l	360 l

4.1.4 Verpackungsspezifikationen der PET-Einwegflaschen

Im Rahmen der Studie sind fünf PET-EW-Flaschen zu untersuchen:

- 1,0 l-PET-EW Monolayer im Getränkesegment Saft
- 1,0 l-PET-EW Multilayer im Getränkesegment Saft
- 1,5 l-PET-EW Monolayer im Getränkesegment Saft
- 1,0 l-PET-EW in der Getränkegruppe H-Milch
- 1,0 l-PET-EW in der Getränkegruppe Frischmilch

Packmittelgewichte im System PET EW

Für die Systeme wurden keine Herstellerangaben erhoben, sondern eine große Stichprobe (30 Gebinde pro System) mit entsprechender Schichtung durchgeführt. Die Ergebnisse der Stichprobenerhebung zeigen eine große Gewichtsspannbreite. Eine Differenzierung der Gebinde in Mono- und Multilayerflaschen ist geboten und kann anhand von mikroskopischen Auswertungen vorgenommen werden¹.

Ergänzend dazu wird der vom Institut cyclos-HTP durchgeführte Rösttest (Teil der Studie: Folgenabschätzung einer Ausweitung der Pfandpflicht für Saft Einwegverpackungen auf das PET-Recycling (Bünemann et al. 2016)) ausgewertet. Dort wurden 10 von 10 PET-Einwegflaschen aufgrund der deutlichen Verfärbung als Träger von PA-Compounds identifiziert. Im Rahmen des Fachgutachtens wird der Frage nachgegangen, ob auf dieser Grundlage eine Aussage bezüglich des Anteils der PET-PA-Compounds am Gesamtmarkt getroffen werden kann. Dazu wird unterstellt, dass die Auswahl der Testflaschen eine zufällige Stichprobe darstellt. Mit einem einseitigen Signifikanztest soll nun auf Basis des Testergebnisses (10 PET-PA-Compound-Flaschen von 10 PET-Flaschen gesamt) die Nullhypothese mit einem maximalen Anteil der PET-PA-Compound-Flasche an der Grundgesamtheit bei einem Signifikanzniveau von 5 % angenommen oder verworfen werden. Dabei zeigt es sich, dass eine Nullhypothese von PET-PA-Compound-Flaschen von 74 % oder weniger verworfen werden muss. Das bedeutet wiederum, dass der Anteil der PET-PA-Compound-Flaschen wahrscheinlich bei 75 % oder mehr liegt. Allerdings wurden bei dem Rösttest 1,0 l- und 1,5 l- Flaschen untersucht. Das bedeutet, dass das Testergebnis auf beide Füllgrößen anzuwenden ist. Unter den 1,5 l-PET-Flaschen wurden in den Musterkäufen keine Multilayer-Flaschen gefunden. Daher gehen wir davon aus, dass diese vollständige PET-PA-Compound-Flaschen sind. Unter allen Testkäufen wurden nur zwei Multilayer-Flaschen für 1,0 l gefunden. Unter Berücksichtigung der Rösttestergebnisse² und der Marktanteile der beiden Flaschen im Rahmen des Fachgutachtens wird der Anteil der 1,0 l-PET-PA-Compound-Flaschen auf 70–80 % geschätzt. Basierend auf den Ergebnissen der mikroskopischen Untersuchungen und der Auswertung der Cyclos-HTP Studie (Bünemann et al. 2016) lassen sich die erhobenen Stichproben wie folgt clustern:

Recyclingfähigkeit von PET EW Flaschen

¹ Multilayer-Flaschen werden in einem Mehrschichtextrusionsverfahren hergestellt. Typischerweise bestehen die äußeren beiden Schichten aus PET, die Innenschicht häufig aus Polyamiden. Durch diesen Aufbau sind Multilayer-Flaschen oft (aber nicht immer) schwerer als vergleichbare PET-Monolayer-Flaschen. Multilayer-Flaschen bieten den Vorteil, dass sich die technischen Vorteile verschiedener Materialien kombinieren lassen. Der Einsatz von PA in der Mittelschicht der Multilayer-Flaschen verlängert üblicherweise das MHD des Füllgutes.

² Im Rahmen eines Rösttestes werden PET-Flakes aus den Saftflaschen einer definierten thermischen Belastung ausgesetzt (geröstet). Aufgrund der unterschiedlichen Temperaturbeständigkeit von PET und PA verfärben sich Proben mit PA Anteilen braun, reines PET bleibt klar.

- PET-Monoflaschen

Spielen für den Einsatz im Getränkesegment Saft/Nektar kaum eine Rolle (Anteil kleiner 1 %). Möglicherweise werden PET-Monoflaschen ohne PA-Blends bei gekühlten Säften mit stark eingeschränktem MDH genutzt, z. B. Edeka Premium gekühlt 1,0 l

- PET-Monoflaschen mit PA-Blend

Haben im Getränkesegment Saft/Nektar in der Füllgröße von 1,0 l eine Marktbedeutung von ca. 70–80 %, in der 1,5-l-Füllgröße sogar 100 %. Beispiele aus der Cyclos-HTP Studie (Bünemann et al. 2016) (Identifikation per Röstprobe)

- Rio d'oro 1,0 / 1,5 l (Aldi)
- Valensina 1,0 l (Valensina)
- Fruchtstern 1,5 l (Netto)
- Edeka 1,0 l (Edeka)
- Rewe Beste Wahl 1,0 l (Riha Wesergold)
- Gut u. Günstig 1,5 l (Edeka/Sonnländer)
- Solevita (Lidl/Niederrhein)
- Ja! 1,5 l (Rewe/Refresco)

- PET-Monoflaschen mit Plasmacoating (SiOx)

Spielen für den Einsatz im Getränkesegment Saft/Nektar im Referenzzeitraum kaum eine Rolle. Einziges Beispiel aus der Stichprobe (Kauertz und Heinisch 2017): Hohes C 1,0 l (Eckes-Granini)

- PET-Multilayerflaschen mit PA-Sperrschicht

Haben Einsatz im Getränkesegment Saft/Nektar nur in der Füllgröße 1,0 l eine Bedeutung. Die Marktabdeckung liegt schätzungsweise zwischen 20 % und 30 %. Beispiele aus der Stichprobe (Kauertz und Heinisch 2017): Granini 1,0 l (Eckes-Granini) und Rapp's Multivitamin-Saft 1,0 l (Rapp's Kelterei).

Die zu betrachtenden PET-Einwegflaschen im Getränkesegment Säfte und Nektare können also in PET-Monoflaschen mit PA-Blends und PET-Multilayerflaschen differenziert werden. Plasmacoating konnte bislang ausschließlich für die 1,0-l-Flasche Hohes C nachgewiesen werden.

PET-EW-Flaschen für H-Milch sind immer durchgefärbte Mehrschichtflaschen mit einer schwarz eingefärbten Mittelschicht zur Herstellung der Lichtbarriere. Die Barriereanforderungen an die Frischmilchflaschen sind aufgrund der durchgehenden Kühlkette geringer, so dass hier auch transparente Monolayerflaschen zum Einsatz kommen können. Die im Jahr 2016 durchgeführte Marktbeprobung zeigte jedoch vornehmlich weiß durchgefärbte Flaschen.

PET EW für H-Milch und Frischmilch

Generell ist das Anbieterspektrum von H-Milch und Frischmilch in PET EW klein. In der Marktbeprobung wurden bundesweit zwei Anbieter von H-Milch und vier Anbieter von Frischmilch identifiziert. Entsprechend gering ist auch die Streubreite der erhobenen Gewichte. Es wurden – wie auch bei den PET-EW-Flaschen im Getränkesegment Saft – nur numerische Mittelwerte gebildet, da die Marktbedeutung der unterschiedlichen Anbieter nicht bekannt ist.

Die Ableitung der Etiketten und Verschlussgewichte erfolgt ebenso anhand der Stichprobe und variiert in Abhängigkeit von Füllvolumen und Getränkesegment. Die im Rahmen der Studie identifizierten Gewichte der Hauptpackmittel der Getränkekartons sind in der nachfolgenden Grafik dargestellt.

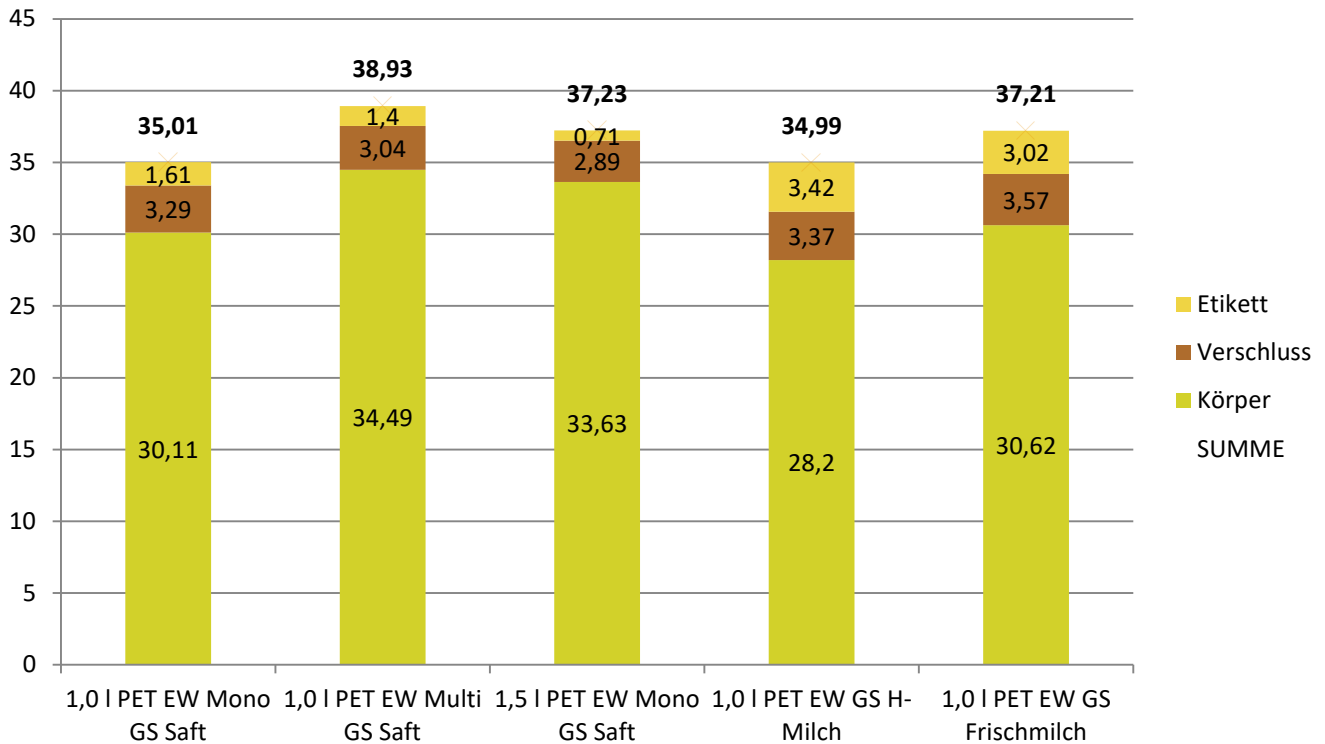


Abbildung 4.2: Verpackungsspezifikationen PET Einweg in g pro Stück

Anders als zum Beispiel bei PET EW für Mineralwässer oder Erfrischungsgetränke ist in den untersuchten Getränkesegmenten die Abgabe von Flaschen in der Sekundärverpackung eher unüblich. Wenn überhaupt, wird Saft vergleichsweise häufig als Mehrfachgebinde (zumeist 6er-Gebinde) an Endkunden verkauft. H-Milch wird häufig und pasteurisierte Milch fast immer als Einzelflasche an den Konsumenten abgegeben. Die Form der Umverpackung variiert stark. Im GS Saft finden sich Wrap-Around-Karton-Verpackungen oder Kunststoffschrumpffolien (Abb. 2) sowie Mischformen (mit Folie umschmupftes Tray). Premiummarken können aber auch als Display distribuiert werden. Dieses Format findet sich auch bei den PET-EW-Flaschen für H-Milch (z.B. bei der Kohrener Landmolkerei). PET EW für pasteurisierte Milch steht üblicherweise ohne Umverpackung im Kühlregal. Für die Ökobilanz kann der 3x2-Schrumpfpack als Hauptvariante identifiziert werden. Die Gewichte variieren hinsichtlich der untersuchten Getränkesegmente. Für die Nebenpackmittel (Um- und Transportverpackung) wurden somit die folgenden Hauptvarianten identifiziert:

- 1,0-l-PET-EW Monolayer GS Saft: 3x2 6er-LDPE-Schrumpfpack (12,49 g LDPE + 1,53 g Kunststoff/ Papier Tragegriff)
- 1,0-l-PET-EW Multilayer GS Saft: 3x2 6er-LDPE-Schrumpfpack (12,49 g LDPE + 1,53 g Kunststoff/ Papier Tragegriff)
- 1,5-l-PET-EW Monolayer GS Saft: 3x2 6er LDPE Schrumpfpack (14,38 g LDPE + 1,20 g Kunststoff/ Papier Tragegriff)
- 1,0-l-PET-EW GS H-Milch: 3x2 6er-LDPE-Schrumpfpack (13,20 g LDPE + 0,11 g Kunststoff/ Papier-Tragegriff)

- 1,0 l PET EW GS past. Milch: 3x2 6er-LDPE-Schrumpack (13,20 g LDPE + 0,11 g Kunststoff-/ Papier-Tragegriff)

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Zusammenstellung der erhobenen Packmittelgewichte.

Tabelle 4.2: Zusammenstellung der Verpackungsspezifikationen der PET-Einwegflaschen

	1,0 l PET EW Mono GS Säfte und Nektare	1,0 l PET EW Multi GS Säfte und Nektare	1,5 l PET EW Mono GS Säfte und Nektare	1,0 l PET EW GS H-Milch	1,0 l PET EW GS Frischmilch
Primärverpackung					
Hauptpackmittel	30,11 g (Körper)	34,49 g (Körper)	33,63 g (Körper)	28,2 g (Körper)	30,62 g (Körper)
Nebenpackmittel	1,61 g (Etikett) 3,29 g (Versch.)	1,40 g (Etikett) 3,04 g (Versch.)	0,71 g (Etikett) 2,89 g (Versch.)	3,42 g (Etikett) 3,37 g (Versch.)	3,02 g (Etikett) 3,57 g (Versch.)
Sekundärverpackung					
Hauptpackmittel	12,5 g (Folie)	12,5 g (Folie)	14,4 g (Folie)	13,2 g (Folie)	13,2 g (Folie)
Nebenpackmittel	1,53 g (Griff)	1,53 g (Griff)	1,20 g (Griff)	0,11 g (Griff)	0,11 g (Griff)
Transportverpackung					
Hauptpackmittel	9.500 g (DHP)	9.500 g (DHP)	9.500 g (DHP)	9.500 g (DHP)	9.500 g (DHP)
Nebenpackmittel	180 g (Folie)	180 g (Folie)	180 g (Folie)	180 g (Folie)	180 g (Folie)
Stapelplan					
Primärpackmittel je Sekundärpackmittel	6	6	6	6	6
Sekundärpackmittel je Lage	10	10	10	12	12
Lage pro Palette	5	5	4	5	5
Größeninformation					
Gebinde pro Palette	300	300	240	360	360
Liter pro Palette	300 l	300 l	360 l	360 l	360 l

4.1.5 Verpackungsspezifikationen der Glas-Mehrwegflaschen

Für die beiden untersuchten Glas-MW-Flaschen im Getränkesegment Saft und der Getränkegruppe Frischmilch liegen sowohl Daten aus älteren Ökobilanzen als auch Herstellerangaben (sogenannte Zeichnungsgewichte der Glashütten) vor.

Packmittelgewichte im System Glas-MW

Für die 1,0-l-Glas-MW-VDF-Flasche kann der vom VDF kommunizierte Wert von 600 g pro Flasche durch die Stichprobe bestätigt werden. Hinsichtlich der 1,0-l-Glas-MW-Flasche für die Getränkegruppe Frischmilch ist zwischen weißer und brauner Flaschenfarbe zu unterscheiden. Für weiße Flaschen liegt das Zeichnungsgewicht zwischen 375 g und 382 g, zumeist aber bei 375 g (so auch verwendet in UBA I). Die im Rahmen der Stichprobe erhobenen Gewichte liegen um 6 % höher. Die braune Flasche wird mit einem Zeichnungsgewicht von 450 g angegeben, die Stichprobe ergibt einen Wert von 436,9 g, der somit um 3 %

niedriger liegt. Für eine ökobilanzielle Untersuchung nach Maßgabe der Mindestanforderungen wird im Fachgutachten empfohlen, ein Verpackungsgewicht von 397,5 g für die weißen Flaschen (Wert der Stichprobe) und 450 g für die braunen Flasche (Herstellerwert) zu verwenden. Wenn nicht zwischen den Farben differenziert werden soll, ist der gerundete Mittelwert der Stichprobe von 422,6 g heranzuziehen. Im Rahmen der hier vorliegenden Studie wird im Sinne eines konservativen Vergleichsansatzes die leichtere weiße Flasche bilanziert.

Die Ableitung der Verschlussgewichte erfolgt anhand der Stichprobe. Die 1,0-l-Glas-Mehrweg-VDF-Flaschen im GS Saft/Nektar werden mit Aluminiumanrollverschlüssen mit Kunststoffdichtmasse ausgestattet. Die im Rahmen der Stichprobe erhobenen Gewichte variieren zw. 1,46 g und 1,67 g. Der für eine Ökobilanzierung anzusetzende Arbeitswert beträgt 1,54 g (Mittelwert der Stichproben). Die 1,0-l-Glas-Mehrweg-Milchflaschen im GS pasteurisierte Milch werden mit Bajonettverschlüssen aus Weißblech ausgestattet. Die im Rahmen der Stichprobe erhobenen Gewichte variieren zw. 4,18 g und 5,04 g. Der für eine Ökobilanzierung anzusetzende Arbeitswert beträgt 4,39 g (Mittelwert der Stichproben). Wird zwischen weißen und braunen Flaschen differenziert, beträgt der Mittelwert für die braunen Flaschen 4,46 g und für die weißen Flaschen 4,25 g.

Auch die Ableitung der Etikettengewichte basiert auf den Ergebnissen der Stichprobe. Die 1,0-l-Glas-Mehrweg-VDF-Flaschen im GS Saft/Nektar sind allesamt mit Papieretiketten ausgestattet. Die im Rahmen der Stichprobe erhobenen Gewichte variieren zwischen 1,51 g und 2,05 g. Der für eine Ökobilanzierung anzusetzende Arbeitswert beträgt 1,78 g.

Die 1,0-l-Glas-Mehrweg-Milchflaschen im GS pasteurisierte Milch sind allesamt mit Papieretiketten ausgestattet. Die im Rahmen der Stichprobe erhobenen Gewichte variieren zw. 0,83 g und 2,11 g. Der für eine Ökobilanzierung anzusetzende Arbeitswert beträgt 1,65 g. Wird zw. weißen und braunen Flaschen differenziert, beträgt der für eine Ökobilanzierung anzusetzende Arbeitswert für die braunen Flaschen 1,77 g und für die weißen Flaschen 1,46 g.

Glas MW für Frischmilch

Teilweise sind die Deckel mit Papieretiketten versehen. Die im Rahmen der Stichprobe erhobenen Gewichte variieren zw. 0,03 g und 0,08 g. Der für eine Ökobilanzierung anzusetzende Arbeitswert beträgt 0,06 g. Es wird auf Basis der Stichprobe angenommen, dass ca. 30 % aller braunen Flaschen und 15 % aller weißen Flaschen mit einem Deckeletikett ausgestattet sind. Im Rahmen der Bilanzierung werden die Mengen anhand der prozentualen Ausbringungsrate zu den anderen Papieretiketten addiert.

Die im Rahmen der Studie identifizierten Gewichte der Hauptpackmittel der Getränkekartons sind in der nachfolgenden Grafik dargestellt.

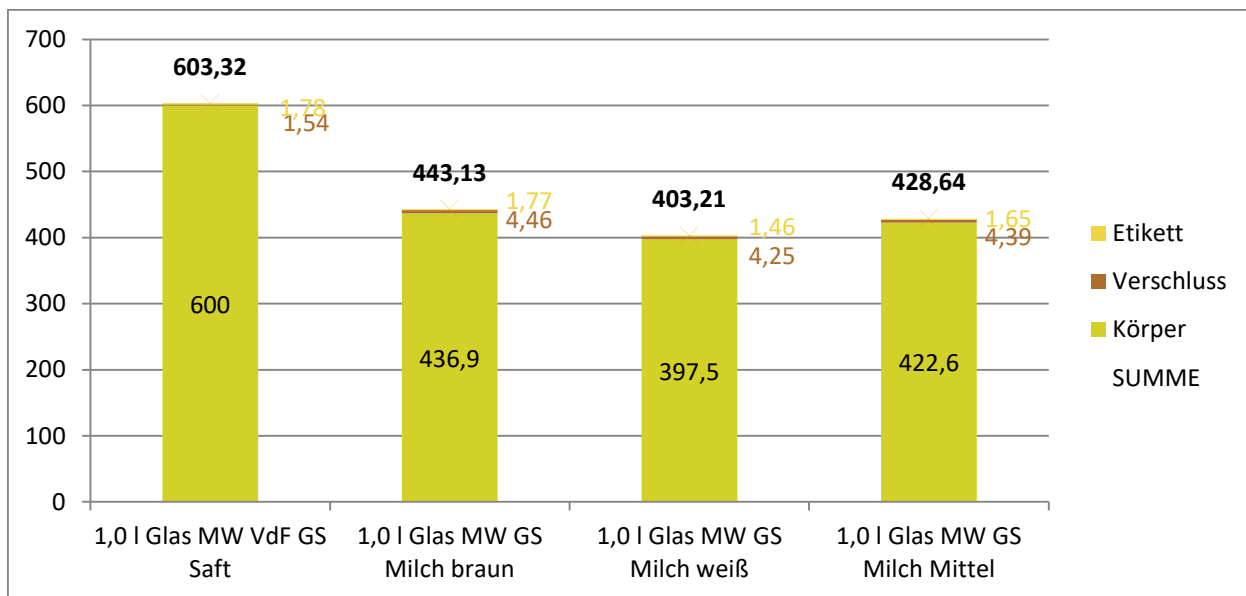


Abbildung 4.3: Verpackungsspezifikationen Glas-MW in g pro Stück

Die Glas-Mehrwegflaschen werden grundsätzlich in Kunststoffmehrwegkästen distribuiert, die individuell an das jeweilige Flaschensystem angepasst sind. So gibt es für die VdF-Flaschen einen eigenen, zumeist grün durchgefärbten Mehrwegkasten für 6 x 1,0-l-Glas-MW-VdF-Flaschen.

Für die 1,0-l-MW-Flaschen in der Getränkegruppe Frischmilch gibt es unabhängig von der Flaschenfarbe einen zumeist braunen Kasten. Bei der Stichprobe im Handel wurden auch häufig Mehrwegkästen angetroffen, die das Landliebe-Markenlogo trugen, unabhängig davon, ob auch tatsächlich Landliebe Flaschen in dem Kasten transportiert wurden (Bsp.: Stichprobe im Fair-und-Quer-Biomarkt in Heidelberg-Wieblingen).

Die VdF-Kästen werden auf Europaletten transportiert. Jeweils 12 Kästen passen in eine Lage, es werden vier Lagen übereinander gestapelt. Auch die Milchkästen werden auf Europaletten distribuiert. Der Stapelplan entspricht dem der VdF-Kästen. Für die Nebenpackmittel (Um- und Transportverpackung) wurden die folgenden Hauptvarianten identifiziert:

- 1,0-l-Glas-MW VdF GS Saft: 2 x 6-MW-Kasten (1.040 g)
- 1,0-l-Glas-MW (alle) GS past. Milch: 2 x 6-MW-Kasten (1.100 g)

Die Gewichte der Kästen sind aus älteren Studien bekannt und wurden im Rahmen des Fachgutachtens cursorisch durch Verwiegung überprüft.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Zusammenstellung der erhobenen Packmittelgewichte.

Tabelle 4.3: Zusammenstellung der Verpackungsspezifikationen der Glas-Mehrwegflaschen

	1,0-l-Glas-MW (VdF) GS Säfte und Nektare	1,0-l-Glas-MW GS Frischmilch
Primärverpackung		
Hauptpackmittel	600,0 g (Körper)	397,5 g (Körper)
Nebenpackmittel	1,78 g (Etikett) 1,54 g (Versch.)	1,46 g (Etikett) 4,25 g (Versch.)
Sekundärverpackung		
Hauptpackmittel	1.040 g (KS- Kasten)	1.100 g (KS- Kasten)
Nebenpackmittel		
Transportverpackung		
Hauptpackmittel	24.000 g (Europalette)	24.000 g (Europalette)
Nebenpackmittel	18 g (PET-Band)	18 g (PET-Band)
Stapelplan		
Primärpackmittel je Sekundärpackmittel	6	6
Sekundärpackmittel je Lage	16	16
Lage pro Palette	4	4
Info-Größe		
Gebinde pro Palette	384	384
Liter pro Palette	384 l	384 l

4.1.6 Einschätzung der Datenqualität der Verpackungsspezifikationen

Die Ableitung der Verpackungsspezifikationen erfolgte anhand der in den Mindestanforderungen beschriebenen Wege:

- GVK: Auswertung der Herstellerangaben mit Stichprobenüberprüfung. Ergebnis der Stichprobe: Die Herstellerdaten konnten verifiziert werden. Für eine Ökobilanz können daher die Herstellerangaben genutzt werden.
- Glas MW: Die Zeichnungsgewichte wurden anhand von Stichproben überprüft. Ergebnis der Stichprobe: Die Zeichnungsgewichte für die 1,0-l-Glas-MW-VdF-Flasche und die braune 1,0-l-Glas-MW-Milchflasche konnten verifiziert werden. Die weiße Milchflasche zeigt in der Stichprobenerhebung schwerere Gewichte als die Herstellerangaben. Hier wird empfohlen, das in der Stichprobe ermittelte Gewicht zu verwenden.
- PET EW: Die Gewichte der PET EW wurden mittels einer großen Stichprobe erhoben. Die Aufteilung zwischen PET-EW-Monolayer und PET-EW-Multilayer erfolgte durch eine mikroskopische Überprüfung der Querschnitte der Flaschenwände.

Bei der Erhebung zeigt sich im Rahmen des Fachgutachtens, dass die Stichprobe zur Überprüfung von Herstellerangaben deutlich leichter durchzuführen ist. Die Erhebung von Packmittelgewichten durch eine Stichprobe am Markt wie im Falle der PET-EW-Flaschen bedarf einer profunden Kenntnis des Marktes zur Vorstrukturierung der Probe und auf-

grund der Heterogenität der Verpackungssysteme im Einwegbereich eines Mindestumfangs von 30 Proben (wie in den Mindestanforderungen definiert) mit einer ausreichenden Messgenauigkeit.

Problematisch ist die Bestimmung der Um- und Transportverpackungen, wenn keine Herstellerangaben vorliegen. Aufgrund der Heterogenität der Sekundärpackmittel, v.a. bei den Einwegsystemen, ist die Identifikation einer Hauptvariante sehr abhängig von Ort und Größe der Stichprobe. Im Rahmen des Fachgutachtens wurden daher einerseits aus Aufwandsgründen, andererseits in Kenntnis der eher geringeren Bedeutungsrelevanz dieses Punktes für das ökobilanzielle Gesamtergebnis der Verpackungssysteme, auch Festlegungen getroffen, die für die hier durchgeführte Ökobilanz übernommen werden.

4.2 Umlaufzahlen von Mehrweggebinden

4.2.1 Mindestanforderungen an die Ermittlung der Umlaufzahlen

Die Umlaufzahlen müssen die spezifische Situation eines Getränkeverpackungssystems als Gegenstand der Untersuchung reflektieren. Die Umlaufzahlen werden durch die folgenden, ohnehin in der Ziel- und Rahmendefinition festzulegenden Parameter bestimmt:

- Getränkesegment
- Packmitteltyp (Primärverpackung, Sekundärverpackung, Tertiärverpackung)
- Packstoff (Material)
- Klassifikation (z. B. Individualmehrweg, geschlossener Pool, offener Pool)
- Füllgröße

Bzgl. der Ermittlung der Umlaufzahlen werden in den Mindestanforderungen die folgenden Vorgaben gemacht:

- Klare Zuordnung der Umlaufzahl zu Verpackungssystemen (keine Vermischung von Pool- und Individualflaschen)
- Grundsätzlich sollen zwei Berechnungen durchgeführt werden, mindestens eine davon mit der Produktionsmethode
- Offenlegung und Begründung von Annahmen und Schätzungen
- Dokumentation der Erhebung und der Errechnung
- Ausweis von Bandbreiten für die einzelnen Berechnungen und einem Ergebniskorridor für die unterschiedlichen Methoden

Die Ermittlung der Umlaufzahlen wird nicht im Rahmen der vorliegenden Ökobilanzstudie vorgenommen, sondern wurde im Rahmen eines vorgelagerten Fachgutachtens durch das ifeu und die GVM (Kauertz und Heinisch 2017) durchgeführt.

4.2.2 Ermittlung der Umlaufzahlen bei Mehrwegsystemen

Die Ermittlung der Umlaufzahlen für die Mehrweggebinde ist ein zentraler Bestandteil bei der Beschreibung dieser Verpackungssysteme. Da die Mehrweggebinde nicht im Einfluss-

Methodisches Vorgehen

bereich des Auftraggebers der Ökobilanz bzw. des Fachgutachtens zur Ökobilanz liegen, musste ein alternativer Weg, ohne die aktive Mitwirkung der Wirtschaftsbeteiligten an den Mehrwegsystemen, gesucht werden. Insofern konnte das Fachgutachten die Mindestanforderungen nicht zu 100 % erfüllen; entsprechende konservative Ableitungen und damit verbundene Sensitivitätsbetrachtungen müssen daher Bestandteil der Ökobilanz werden.

Die Umlaufzahlen der 1,0-l-Glas-MW-VdF-Flasche werden anhand der Zahlen zum Gebindeabsatz der GVM und der Zahlen zum Gebindeneuerwerb aus der Statistik des VdF errechnet. Damit die beiden Datenquellen zueinander passen, sind zum Teil umfangreiche Anpassungen im Sinne von Korrekturfaktoren notwendig.

Die Umlaufzahlen der 1,0-l-Glas-MW-Flaschen im GS Milch wurden anhand von Informationen abgeleitet, die in Fachgesprächen mit Herstellern/Inverkehrbringern der Glas-MW-Gebinde generiert wurden. Die Erhebung der Daten erfolgte in folgenden Schritten:

- Identifizierung der Molkereien bzw. der Betriebsstätten inkl. Ansprechpartner
- Klärung der Bereitschaft zur Teilnahme an einer Befragung (nur große Molkereien)
- Qualifiziertes Einstiegsgespräch zu Art des Pools, regionaler Ausdehnung, anderen Marktteilnehmern, Flaschenrücklauf
- Datenerhebung zu den Abfüllmengen und Zukäufen der letzten Jahre (Ansatz Produktionsmethode)
- Qualifiziertes Nachgespräch zur Beurteilung der Daten, Schließung von Datenlücken etc.
- Qualitative Interviews zur Einschätzung der Bedeutung der Kleinanbieter (Milchhöfe)

Die Berechnung der Umlaufzahlen der Mehrwegflaschen im Getränkesegment Saft reflektiert einen Zeitraum von 2012 bis 2015 und umfasst damit einen Zeitraum, in dem sich der Absatz der Gebinde nach langen Jahren des sinkenden Marktanteiles auf einem – wenn auch niedrigen – Niveau stabilisiert hat. Die Bestimmung der Umlaufzahlen für die Mehrwegflaschen in der Getränkegruppe Frischmilch bildet den Status quo ab, ohne einen zeitlich exakt definierten Zeitraum zu reflektieren. Der Marktanteil der Milchmehrwegflaschen ist seit Jahren niedrig, lediglich sieben Molkereien in Deutschland füllen diese Gebinde noch ab – 20 Jahre zuvor waren es laut dem Fachgutachten noch über 20 Molkereien.

4.2.3 Umlaufzahlen von 1,0-l-Glas-Mehrwegflaschen im Getränkesegment Säfte und Nektare

Die Konzentration der Fruchtsaftabfüllung hat in den letzten 20 Jahren deutlich zugenommen. So umfassen Unternehmen mit über 100-Mio.-€-Umsatz 73 % des Gesamtmarktes, während es 1997 nur 52 % waren. In der Gruppe der TOP 8 dominiert PET-Einweg als Verpackung. In der mittleren Gruppe spielt der Getränkekarton eine hervorgehobene Rolle. Die Kleinabfüller bis 10 Mio. € Jahresumsatz füllen ganz überwiegend in Glas und hier v.a. in Mehrweg ab. Hier spielen VdF-Flaschen eine herausragende Rolle.

Umlaufzahlen der 1,0 l Glas-MW Flasche (VdF) im Getränkesegment Saft

Entsprechend hat sich der Inlandsabsatz von VdF-Flaschen in den letzten 20 Jahren um 84 % von 1.243 Mio. Litern auf 203 Mio. Litern verringert. Dies ist sicherlich einerseits dem generellen Rückgang der konsumierten Saftmenge in Deutschland geschuldet, andererseits aber auch durch die Verdrängung der Mehrwegsysteme erst durch den GVK und später durch das PET-EW-System verursacht. Durch den starken Rückgang von Mehrweg stehen deutlich mehr Flaschen zur Verfügung als benötigt wurden. Daher ist der Zukauf deutlich

zurückgegangen, vor einigen Jahren sogar zum Stillstand gekommen (vgl. VdF (2016)). Erst in den letzten Jahren sind neue Flaschen wieder in größeren Mengen gekauft worden.

Damit hat laut VdF die Flaschenqualität auch stark abgenommen, so dass der Ersetzungsbedarf in den letzten Jahren deutlich angestiegen ist. Die vom VdF für 2012–2015 freigegebenen Mengen von 17,1 Mio. Neufaschen wurden mit 14,9 Mio. Flaschen von den Betrieben aber nicht ausgeschöpft (vgl. VdF (2016), S. 58). Der VdF will zur Stabilisierung der Flaschenqualität künftig die Einhaltung der vom Pool vorgegebenen Aussonderungsquote von 3,5 % stichprobenartig überprüfen.

Für die Bestimmung der Umlaufzahl ist weiterhin wichtig zu wissen, dass die 1,0-l-VdF-Glasflasche nicht nur innerhalb des GS Saft/Nektar eingesetzt wird. Zum Einsatz kommt die Flasche v.a. noch bei den Fruchtsaftgetränken ohne CO₂. Nach Auskunft des VdF ist die Flasche zwar nicht für Fruchtsaftgetränke mit CO₂ vorgesehen, wird aber trotzdem vereinzelt genutzt (z. B. Merziger). Einige Safthersteller produzieren auch Kernobstwein, Fruchtweine, Punsche oder Glühwein. Für alle diese Produkte wird auch gelegentlich die 1,0-l-VdF-Glasflasche eingesetzt.

Im Rahmen der Untersuchung war es nicht vorgesehen, die Umlaufzahl „von unten“, über Interviews bei den Abfüllbetrieben vorzunehmen. Von 365 Herstellern nutzen nach Auskunft des VdF 270–280 Abfüller die 1,0-l-Flasche. Die Strukturgrafik des Marktes legt nahe, dass der Großteil dieser Unternehmen weniger als 10 Mio. € Umsatz, davon sehr viele noch nicht einmal 1,0 Mio. € Umsatz erreichen. Diese Zielgruppe ist für Interviews erfahrungsgemäß schwer zugänglich. Gleichzeitig können aber nur valide Aussagen getroffen werden, wenn die Stichprobe den Markt angemessen widerspiegelt. Dazu wäre eine Gruppierung nach Unternehmensgröße und Regionen notwendig. Daher erfolgt die Ermittlung der Umlaufzahl „von oben“ unter Anwendung der Produktionsrechnung. Diese geht davon aus, dass die jährliche Umlaufzahl der Quotient aus den jährlichen Abfüllungen und Verlusten ist. Die Abschätzung der Verluste erfolgt über die jährlichen Zukäufe, wobei hier die jährlichen Bestandsänderungen zu berücksichtigen sind.

Die Zukaufmengen für die 1,0-l-VdF-Glasflaschen werden seitens des VdF publiziert. Die Zahlen werden von den Vertragsglashütten jährlich an den VdF gemeldet. Diese Daten werden für den Zukauf genutzt. Der VdF geht davon aus, dass diese Daten den jährlichen Input in den Flaschenpool umfassend wiedergeben. Weitere Flaschen, z. B. von anderen Nicht-Vertragspartnern des VdF, würden keine Rolle spielen¹.

Die starken Schwankungen der Zukaufmengen zeigen, dass die Konsolidierung des VdF-Pools noch nicht abgeschlossen ist. Die niedrigen Zukäufe der vergangenen Jahre führen zu einer Überalterung des 1,0-Liter-Pools. Die von 2012 bis 2015 für den Kauf freigegebene Menge von 17,1 Mio. Flaschen wurde nur zu 14,9 Mio. Flaschen in Anspruch genommen. Daraus lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass bei einigen Poolteilnehmern der vorhandene Flaschenbestand Zukäufe nicht notwendig macht.

Dass es trotzdem auch bei einzelnen Abfüllern zu Engpässen gekommen ist, liegt sicher auch daran, dass sich einige am Leergutmarkt stärker bedienen, als ihnen nach den Absatzmengen zusteht. Ein weiteres Argument ist, dass sich das Aussortierverhalten der

¹ Eine im Rahmen des Fachgutachtens durchgeführte stichprobenartige Sichtung der Glas-Zeichen auf VdF-Flaschen hat dies bestätigt.

Fruchtsafthersteller unterscheidet und die geforderte Aussortierquote von 3,5 % nicht immer konsequent umgesetzt wird.

Die Ermittlung der Füllungen erfolgte auf Basis der Daten, die Teil der von GVM jährlich durchgeführten Getränkemarktforschung sind, und deren Ergebnisse z. B. in Form von Panelberichten an Kunden abgegeben werden oder seit vielen Jahren die Grundlage der „Bundesweiten Erhebung von Daten zum Verbrauch von Getränken in Mehrweg- und ökologisch vorteilhaften Einweggetränkeverpackungen“ für das UBA bilden.

Datenbasis

Die von der GVM-Marktforschung in den verschiedenen Getränkesegmenten erfassten und hochgerechneten Daten beziehen sich auf alle 1,0-l-Mehrweg-Enghalsglasflaschen, so dass der VdF-Anteil für die einzelnen Getränkesegmente unter Bezug auf weitere Recherchen (Interviews, Auswertung von Webseiten der abfüllenden Industrie) geschätzt worden ist. Dabei ist von folgenden Annahmen ausgegangen worden:

- 94 % der erfassten 1,0-l-Mehrweg-Enghalsglasflaschen bei Säften und Nektaren sind VdF-Flaschen
- 70 % der erfassten 1,0-l-Mehrweg-Enghalsglasflaschen bei stillen Fruchtsaftgetränken sind VdF-Flaschen

Für die Randsegmente Fruchtsaftgetränke mit CO₂, Kernobst- und Fruchtwein und aromatisierte Weine ergaben die Auswertungen, dass für 2015 nur eine geringe Menge in VdF-Flaschen abgefüllt worden ist. Dies entspricht einem Aufschlag von 3–3,5 % gegenüber den erfassten Mengen für Säfte, Nektare und stille Fruchtsaftgetränke.

Die jährliche Umlaufhäufigkeit ist definiert als die durchschnittliche Anzahl von Nutzungsperioden und von drei Faktoren abhängig,

- der Umlaufdauer der Flaschen,
- der Größe des vorhandenen Flaschenpools (Flaschenbestand) und
- den jährlichen Flaschenfüllungen der Abfüller.

Je mehr Flaschen im Pool sind, desto länger dauert es, bis eine Flasche bei konstantem Absatz wieder zum Einsatz kommt. Dabei darf nicht übersehen werden, dass für die Umlaufhäufigkeit im großen Maße durch (zwischen)gelagerte Flaschen (im Handel, beim Abfüller und bei den Verbrauchern) beeinflusst wird.

Für die jährliche Nutzung der VdF-Flasche werden schon seit der UBA-II-Studie seitens des Verbandes vier Umläufe genannt. Zu gleicher Einschätzung für VdF-Kästen kommt auch die von der GVM durchgeführte Studie Rückgabequote für schwermetallhaltige Kunststoffkästen in ausgewählten Getränkesegmenten (GVM 2009).

Der Abbau der Flaschenüberhänge in Folge der sinkenden Abfüllung in die 1,0-l-VdF-Flasche ist in den letzten Jahren nicht parallel zum Absatzrückgang verlaufen. Die daraus resultierenden Überhänge an Flaschen haben die Umlaufhäufigkeit mit großer Wahrscheinlichkeit deutlich nach unten korrigiert. Wahrscheinlich erreicht die Umlaufhäufigkeit

zwischen 2008 und 2011 einen Tiefstwert von etwa 3. Aufgrund der Marktentwicklung der letzten Jahre steigt die Umlaufhäufigkeit vermutlich wieder Richtung 4 an¹.

Trotzdem wird im Fachgutachten für die Berechnung der Umlaufzahl von einer konstanten Umlaufhäufigkeit von 4 ausgegangen. Dies entspricht einer konservativen Vorgehensweise. Niedrigere Umlaufhäufigkeiten würden zu niedrigeren Umlaufzahlen führen.

Tabelle 4.4: Umlaufzahl der 1,0-l-VdF-Glasflasche

Aktuelle Berechnung der Umlaufzahl	2012	2013	2014	2015
$U_{p,Zn}$ (nach der Methode UBA (2016))		40	36	27
Abfüllungen in Tsd. Stück	228.996	221.468	216.705	203.180
Zukäufe in Tsd. Stück	2.111	3.658	4.757	4.147

Die Umlaufzahlen der Jahre 2013 und 2014 liegen somit in etwa auf der Höhe der Umlaufzahlen von 1994/95. Die Umlaufzahl des Jahres 2015 ist mit 27 deutlich niedriger. Die Entwicklung der Zukäufe der letzten Jahre weist darauf hin, dass die Konsolidierung des 1,0-l-VdF-Pools erst in jüngster Zeit weitgehend abgeschlossen ist. Die Hypothese lautet daher:

- Die Umlaufzahl des Jahres 2015 bildet die tatsächlichen Marktverhältnisse richtig ab, während die Umlaufzahlen der beiden Vorjahre noch stark durch die Flaschenüberschüsse und dadurch zu niedrige Zukäufe geprägt sind.

Dies deckt sich auch mit der Erwartungshaltung des VdF. Als Gegenrechnung kann eine Ermittlung der Umlaufzahlen auch über die Verlustrechnung erfolgen. Der Verband gibt seinen Mitgliedern eine durchschnittliche Aussortierquote von 3,5 % vor. Weiterhin entstehen im Flaschenkreislauf auch externe Flaschenverluste. Die Autoren des Fachgutachtens gehen davon aus, dass bei Glas-Mehrweg die externen Verluste selbst bei bewährten, bekannten Systemen als untere Grenze mindestens 0,5 %, wahrscheinlich 1,0 % anzunehmen ist. Dazu gehört Flaschenbruch genauso wie ein fehlgeleiteter Rücklauf, der im Glascontainer oder sogar in der Restmülltonne (z. B. aus dem Unterwegsverzehr) endet. D.h., konservativ gerechnet ist von einer Verlustquote von mindestens 4,0 %, wahrscheinlich sogar 4,5 % auszugehen.

Daraus errechnet sich eine Umlaufzahl von 22–25 Umläufen. Genau 25 Umläufe wurden auch für die Studie angesetzt, die im Auftrag des VdF durch die BASF durchgeführt wurde (BASF 2011). Insgesamt wird im Rahmen des Fachgutachtens empfohlen, als Arbeitswert für Ökobilanzen von einer Umlaufzahl für die 1,0-l-Glas-MW-Flaschen (VdF), von 27 auszugehen.

¹ In einem Interview wurde seitens des Geschäftsführers des VdF eingeräumt, dass der Wert auch 2015 niedriger als 4 liegen könnte.

4.2.4 Umlaufzahlen von 1,0-l-Glas-Mehrwegflaschen im Getränkesegment Frischmilch

Der Rückgang des Marktanteils von Frischmilch in Glas-MW ist mit minus 91 Prozent im Jahr 2015 gegenüber dem Jahr 1995 noch deutlicher als im Getränkesegment Fruchtsaft. Hinzu kommt, dass, wie bereits erwähnt, von den 23 Molkereien, die im Jahr 1995 Milch in Glas-MW abgefüllt haben, im Jahr 2015 nur noch sieben Abfüller übrig sind. Somit wird die Umlaufzahl von zwei Faktoren bestimmt:

- die Konzentrationsentwicklung in der Abfüllung von Frischmilch und
- der Einbruch der Mehrwegabfüllung zugunsten des Getränkekartons

Die Ermittlung der Umlaufzahl fokussiert sich auf die weiße Flasche, die von vier Molkereien eingesetzt wird. Die Molkereien wurden hinsichtlich Umsatz und Absatz analysiert und in eine Rangfolge gebracht. In einem persönlichen Interview wurden zunächst die Produkte, für welche die 1-l-Mehrweg-Glasflasche genutzt wird, abgefragt. Weiterhin wurde nach den Einschätzungen zum Zustand des Mehrweg-Pools gefragt. Zur Bestimmung der Umlaufzahl wurden Daten über Absatzmengen und Zukäufe angefragt. Waren diese nicht erhältlich, wurde hilfsweise nach dem Anteil der Zukäufe an den Füllungen, dem Anteil der Aussortierung im Betrieb und der Bedeutung der Fremdflaschen im Rücklauf der Flaschen gefragt.

Die Interviews zeigen, dass bis auf eine Ausnahme, die Unternehmen nur wenige Informationen zum Mehrwegpool systematisch aufbereiten. Gleichwohl waren sich alle Interviewpartner über den bedenklichen Zustand des Pools einig. Die von den Unternehmen zur Verfügung gestellten Daten dürfen in allen Fällen nicht einzeln ausgewiesen werden. Daher ist es nur möglich, die Informationen zu beschreiben. Die Errechnung der Durchschnittswerte wird somit im Fachgutachten nicht dokumentiert.

Die beteiligten Unternehmen repräsentieren einen Marktanteil von 85–95 % des untersuchten Flaschensystems. Die Bedeutung von etwaigen Kleinbetrieben wie Milchhöfen ist zu vernachlässigen. Die Internetrecherchen ergaben, dass dort häufig Polycarbonat-Flaschen für den Mehrwegeinsatz genutzt werden.

Für die Ermittlung der Verlustquote bedarf es der Bestimmung der Fremdflaschen (Poolfremde braune Milch-Flaschen, andere Mehrweg- oder Einweg-Flaschen) im Rücklauf. Der Anteil liegt hier bei 8,6 %. Allerdings wurde in einem Interview auch darauf verwiesen, dass Kästen auch mit leeren Gefachen zurückgeliefert werden, so dass insgesamt ein Anteil von ca. 90 % Poolflaschen im Rücklauf erreicht wird. Ob dabei auch Flaschen aus Tauschaktionen zwischen den Molkereien oder über den Flaschenhandel immer berücksichtigt sind, war nicht abschließend zu klären. Wichtig ist aber der Hinweis, dass solche Flaschen eine viel höhere Verlustquote aufweisen. Die internen Verluste wurden in Form von Verlustquoten erfasst. Diese beziehen sich auf die Flaschen, die in den Flascheninspektoren aussortiert werden. Der Anteil liegt bei 4,3 %. Bezogen auf den Rücklauf von 90 % werden also etwa 86 % der Flaschen ($90\% \text{ Rücklauf} \times (1 - 4,3\%)$) bei einer erneuten Abfüllung verwendet. Die Verlustquote liegt somit bei 14 %.

Wichtiger als die Verlustquote ist jedoch die Zukaufquote (Zukauf von Alt- und Neuflaschen, um die Verluste auszugleichen), da nur diese die veränderlichen Marktbedingungen mit berücksichtigt. Erfolgen die Rückläufe nicht proportional zum Absatz, müssen die benachteiligten Unternehmen mehr Neuflaschen zukaufen und übernehmen damit faktisch eine Marktversorgungsfunktion. Da aufgrund der ungleichen regionalen Produzentenver-

Umlaufzahlen der 1,0 l Glas-MW Flasche in der Getränkegruppe Frischmilch

teilung ein Unternehmen im Flaschenrücklauf systematisch benachteiligt wird, da keine aktive Steuerung, z. B. in Form von Rücknahmevereinbarungen mit dem Handel, erfolgt, ergibt sich laut Fachgutachten eine rechnerische Zukaufquote von 15 %.

Tatsächlich ist der Milchabsatz in 1,0-l-Mehrweg-Glas relativ stabil (laut GVM Marktforschung: 2015: 34,6 Mio. Liter, 2014: 35,0 Mio. Liter). Leider stehen keine vollständigen Daten zur Absatzentwicklung nach weißen und braunen Flaschen zur Verfügung. Nach den vorliegenden Informationen scheint sich der Absatz von weißen Flaschen 2015 deutlich positiver zu entwickeln als der Absatz von braunen Flaschen. Daher wurde untersucht, wie sich eine Absatzsteigerung von 5 % gegenüber dem Vorjahr auf die Zukäufe auswirken würde und wie sich daraufhin die Umlaufzahl verändern würde. Die korrigierte Zukaufquote erreichte danach 12 %.

Somit errechnet sich auf Basis der Verlustquote und der rechnerischen Zukaufquote eine Umlaufzahl von sieben, auf Basis der korrigierten Zukaufquote eine Umlaufzahl von acht. Dieser letzte Wert entspricht methodisch besser den Vorgaben der Mindestanforderungen als die beiden anderen Werte, da eine potenzielle Fehlerquelle, der Einfluss der Absatzänderungen, eliminiert worden ist. Allerdings ist das Ergebnis aufgrund der Datenlage mit Unsicherheiten behaftet, die auch zu einer tatsächlich höheren Umlaufzahl führen könnten. Insbesondere das fehlende Interview könnte den Wert deutlich nach oben beeinflussen. Daher empfehlen die Autoren des Fachgutachtens als Arbeitswert für Ökobilanzen von einer Umlaufzahl von 10 auszugehen und zusätzlich einen zweiten Arbeitswert von 15 zu betrachten, der auch nach einer Konsolidierung des Mehrwegsystems als mittelfristige Obergrenze zu betrachten ist.

4.2.5 Einschätzung der Datenqualität

Die Umlaufzahlen der 1,0-l-VdF-Glas-Mehrwegflaschen wurden anhand der Produktionsrechnung mittels der Abschätzung der Verluste über die jährlichen Zukäufe ermittelt. Um mit dieser Methode richtungssichere Ergebnisse zu erzielen, ist es notwendig, die jährlichen Bestandsänderungen zu berücksichtigen. Während die Zukäufe seitens des VdF ausgewiesen werden, liegen der Ermittlung der Bestandsänderung verschiedene Daten und Annahmen zu Grunde, die nur mittels einer direkten Einbindung der 1,0-l-MW-abfüllenden Betriebe validiert werden können:

- Zuordnung der Gesamtheit aller 1,0-l-VdF-Glas-MW-Flaschen zum untersuchten Getränke-segment
- Annahme von vier Umläufen pro Jahr

Alle diese Annahmen können als konservativ im Sinne von Mehrweg als Referenzsystem gelten und sind somit aus Sicht der Autoren des Fachgutachtens in vergleichenden Ökobilanzen entsprechend der Mindestanforderungen des Umweltbundesamtes verwendbar.

Abweichend zu den Mindestanforderungen wurde keine zweite Berechnungsmethode durchgeführt, da die notwendige Datenbasis nicht ohne Einbindung der 1,0-l-MW-abfüllenden Betriebe zu erheben sind. Allerdings wurde auf Grundlage der vom Verband vorgegebenen Aussortierquote von 3,5 % und der weiteren Berücksichtigung externer Verluste (0,5–1,0 %), die Umlaufzahl auf Basis der Verlustquote abgeschätzt.

Neben dem Basisszenario mit einer Umlaufzahl von 27 empfehlen die Autoren des Fachgutachtens die 1,0-l-VdF-Glas-MW-Flaschen auch mit einer Umlaufzahl von 22 zu bilanzie-

ren. Dieser Wert drückt, nach Einschätzung der Autoren, die untere Bandbreite des Gesamt-Pools in stabilen Verhältnissen aus (Berücksichtigung einer externen Verlustquote von 1 % bei gleichzeitig hoher interner Aussortierungsvorgabe).

Die Ermittlung der Umlaufzahlen für die 1,0-l-Milch-Mehrwegflasche wurde äquivalent zu den VdF-Flaschen mit Hilfe der Produktionsrechnung durchgeführt. Dabei kamen – wie in den Mindestanforderungen des UBAs empfohlen – zwei Methoden zur Anwendung, einerseits die Ermittlung der Umlaufzahl über den Verlust und andererseits über die Zukäufe.

Anders als bei den VdF-Flaschen standen jedoch keine Daten zur Ermittlung der Zukäufe zur Verfügung. Daher mussten die Daten auf Basis von in Interviews gewonnenen Informationen abgeleitet werden. Um die Informationen sachgerecht zuordnen zu können, wurde daher im Rahmen der Studie entschieden, die Umlaufzahl nur für die weißen Milchflaschen zu ermitteln.

Folgende Einschränkungen sind laut Fachgutachten hinsichtlich der Umlaufzahl der 1,0-l-Glas-MW-Flaschen in der Getränkegruppe Frischmilch zu beachten:

- Bei der Verlustquote ist der Flaschenaustausch zwischen den Molkereien möglicherweise nicht vollständig berücksichtigt, bei der Berechnung über den Zukauf spielt dies keine Rolle.
- Die Ergebnisse basieren auf drei von vier möglichen Interviews. Wie die Verluste oder Zukäufe sich bei der vierten Molkerei entwickelt haben, ist unbekannt. Aufgrund der Größe und der Lage vermuten wir aber eher eine unterdurchschnittliche Zukaufquote.
- Dabei konnten nicht alle Widersprüche in den Informationen beseitigt werden. Dies liegt v.a. daran, dass in den Unternehmen oft nur wenige Daten zum Thema Pool aufbereitet werden. Zumindest eine Molkerei plant, ein Monitoring für die Poolflaschen neu aufzubauen.
- Die Berechnung der Umlaufzahl bezieht sich nur auf das Jahr 2015. Die angefragte Unterscheidung nach 2014 und 2015 konnte nur in einem Fall geleistet werden. In den beiden anderen Interviews waren die Informationen undifferenziert. Der Einfluss von Absatzänderungen auf den Zukauf konnte daher nur mit hypothetisch überprüft werden.

Einschränkungen

Die Annahme einer Verlustquote von 12 % kann – gemessen an den ermittelten Informationen – als positiv für das System der Milchflaschen angesehen werden.

Somit ist die auf Basis dieser Annahmen ermittelte Umlaufzahl aus Sicht der Autoren des Fachgutachtens in vergleichenden Ökobilanzen entsprechend der Mindestanforderungen des Umweltbundesamtes verwendbar. Neben der im Basisszenario anzusetzenden Umlaufzahl von 10 wird empfohlen, einen zweiten Arbeitswert von 15 zu betrachten, der nach einer Konsolidierung des Mehrwegs als mittelfristige Obergrenze zu betrachten ist.

4.2.6 Umlaufzahlen der Um- und Transportverpackungen

Die Umlaufzahlen der Mehrwegkästen und der Paletten werden aus vorhandenen Ökobilanzstudien übernommen (insbesondere UBA II Studie aus dem Jahr 2000 (UBA 2000) sowie die Studie zu den PET-Einwegflaschen aus dem Jahr 2010 (ifeu 2010)).

Für die Mehrwegkästen wird üblicherweise eine Umlaufhäufigkeit von 100 angenommen. Für Paletten wird unterschieden zwischen Europaletten, die eine Umlaufzahl von 25 errei-

chen und DHP-Paletten, deren Umlaufzahl bei 10 liegt. Die Diskrepanz in der Palettenumlaufzahl erklärt sich durch zwei Punkte: Zum einen ist die DHP Palette bauartbedingt weniger haltbar als die Europalette. Während letztere zu 100 % aus Holz besteht, hat die DHP-Palette lediglich ein Holzdeck und Holzkufen, die restlichen Bauteile bestehen aus Kunststoff und Blechteilen. Zum zweiten wird die DHP-Palette vornehmlich für schnell drehende Konsumgüter eingesetzt und unterliegt in den Zentrallagern des Handels einer höheren Beanspruchung. So ist es im Zentrallager üblich, dass ein Transportwagen bis zu drei DHP-Paletten auf einmal unterfährt, anhebt und abtransportiert. Dies belastet insbesondere die Einfahrtrkanäle der Gabel in den Paletten. Diese unterliegen somit einem erhöhten Verschleiß, der sich negativ auf die Lebensdauer und somit auch auf die Umlaufhäufigkeit auswirkt.

4.3 Distribution von Mehrweg- und Einwegverpackungen

4.3.1 Mindestanforderungen an die Beschreibung der Distributionsstruktur

Die Distribution muss die spezifische Situation der untersuchten Getränkeverpackungssysteme abbilden. Üblicherweise werden die Distributionsstrukturen durch die folgenden Parameter bestimmt:

- Getränkesegment
- Packmitteltyp (Primärverpackung, Sekundärverpackung, Tertiärverpackung)
- Packstoff (Material)
- Klassifikation (z. B. Individualmehrweg, geschlossener Pool, offener Pool)
- Füllgröße

Zusammengefasste Distributionsdarstellungen für Getränkeverpackungen verschiedener Verpackungssysteme sind zu vermeiden. Gerade bei sehr ähnlichen Verpackungssystemen kommt es darauf an, die Unterschiede herauszustellen. Eine lediglich nach Einweg und Mehrweg differenzierte Distributionsstruktur, wie sie noch in den älteren Ökobilanzen genutzt wurde, ist somit nicht sachgerecht und nur in Form einer Sensitivität zu bilanzieren, denn die Distributionsstruktur und die Transportentfernungen werden in hohem Maße durch das verpackte Produkt bestimmt. Damit gewinnt die segmentspezifische Ermittlung und die verpackungssystemspezifische Ermittlung der Distributionsverhältnisse eine herausragende Bedeutung.

Im Vorfeld der Ökobilanzstudie wurden Fachgutachten zur Bestimmung der Distributionsstrukturen in den Getränkesegmenten H-Milch, Frischmilch und Saft durchgeführt. In den Fachgutachten wurden die Distributionsstrukturen spezifisch für die Verpackungsgruppen mit der Füllgröße 1,0 Liter abgeleitet.

4.3.2 Vorgehen bei der Ermittlung der Distributionsstrukturen

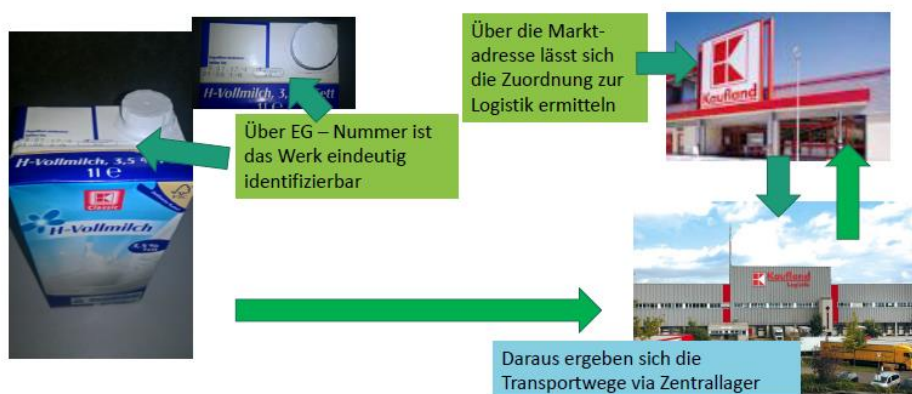
Die Ableitung der Distributionsstrukturen für die zu untersuchenden Getränkeverpackungssysteme in den verschiedenen Marktsegmenten ist Gegenstand zweier Fachgutachten, die von der Firma Marktsensor im Auftrag des FKN erstellt wurden:

Methodisches Vorgehen

- Distributionsentfernungen von Getränkeverpackungen 2015/2016 Arbeitsergebnisse H-Milch/ ESL-Milch 1 Liter (Roß 2017a).
- Distributionsentfernungen von Getränkeverpackungen 2015/2016 Arbeitsergebnisse Fruchtsaft/ Fruchtnektar 1 Liter (Roß 2017b).

Methodisch wenden die Fachgutachten einen Mix aus den in den Mindestanforderungen definierten Datenerhebungsmodellen für die Distribution an. Kernstück der Analyse ist, dass über die Produktkennzeichnungen auf der Verpackung in aller Regel eindeutige Rückschlüsse auf den Abfüller und den Produktions-/Abfüllort gezogen werden können. Mit Hilfe einer profunden Marktkennntnis und einer detaillierten Segmentierung aller deutschen POS Stellen, differenziert nach Discount, LEH und GFGH/ C&C Märkten sowie einer praktischen Kenntnis der logistischen Abläufe im Handel; von der Listung, dem Kontrakt über die Bestellung bis zum Eintreffen der Ware im Markt lassen sich standardisierte Transportprozesse für alle zu untersuchenden Produkte ableiten.

Die nachfolgende Abbildung 3.10 zeigt exemplarisch die Methode der Identifikation der Distributionswege am Beispiel einer H-Milch-Verpackung.



(Quelle: Roß 2017a)

Abbildung 4.4: Identifikation der Distributionswege am Beispiel einer H-Milch-Verpackung

4.3.3 Distributionsstruktur im Getränkesegment Saft

Auf Basis von Vor-Ort-Store-Checks wurde in Referenzmärkten das Sortiment für die Untersuchung erfasst und über den Ausweis auf der Ware hinsichtlich des Abfüllortes identifiziert. Die Store-Checks fanden Q4/2015 bis Q3/2016 statt. Das Ergebnis wurde beim Karton- und PET-Sortiment auf alle Märkte übertragen, die dem Lager zugeordnet sind.

Grundsätzliche Herangehensweise

Bei Glas-Mehrweg wurden typische praktische Szenarien herausgearbeitet. Für diese wurden Referenzabläufe recherchiert und abgebildet.

Die eigentliche Abbildung des logistischen Prozesses erfolgt über eine Datenbank, in der die Parameter Abfüllort, festgestelltes Zentrallager oder Logistikzentrum GFGH, zugeordneter Markt hinterlegt sind. Die Entfernung zwischen Abfüllort und Zentrallager GFGH wurde mit Hilfe eines Routenplaners für jeden Einzelfall ermittelt. Die Entfernungen zwischen ZL/GFGH und Markt wurden über Zonenbildung und Verteilungsmittelwerte für

jedes Element (Zentrallager) berechnet. Zudem erfolgte eine Absicherung durch 41 Experteninterviews (15 Logistik am POS, 13 Transportlogistik/Zentrallager/GFGH, 13 Abfüller).

Dabei ist zu beachten, dass es keine belastbare und durchgängige Zahlenbasis für das spezielle Segment 1 Liter, ausdifferenziert nach Verpackung, Abfüll- und Lieferorten gibt. Die Wichtung der jeweiligen Mengen zur Ermittlung des Transportaufwandes erfolgt über die Marktanteile der Hersteller bei Karton, PET und abweichend bei Glas-Mehrweg über die Verallgemeinerung typischer Szenarien.

Hinsichtlich der Marktabdeckung ist im Fachgutachten wie folgt festgehalten:

- Der Bereich Discount wird aufgrund der logistischen Rahmenbedingungen vollständig abgebildet. Es sind alle relevanten Strukturen und Lieferanten erfasst worden.
- Der Bereich LEH ist in Bezug auf Handelsmarken, nationale und überregionale Lieferanten nahezu vollständig erfasst. Regionale Lieferanten, insbesondere bei Glas-Mehrweg, sind naturgemäß nur in den Referenzmärkten erfasst. Anteil und Struktur der festgestellten regionalen Abfüller lassen aber ebenfalls seriöse Rückschlüsse auf typische Lieferreichweiten zu.
- Im Bereich GFGH/C&C spielt das Thema Zustellung an gewerbliche Kunden (Hotels, Gaststätten) eine wichtige Rolle. Dieser Bereich wird in der Studie nicht untersucht. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass eine systematische Schlechterstellung der Verpackung Glas-Mehrweg vermieden werden soll. In den Betrachtungen des Themenpapiers, als auch bei der Diskussion im UBA im Januar 2017 wurde dies gefordert.
- Der GFGH fungiert insbesondere bei Glas-Mehrweg als Zentrallager auch für den LEH. Das im einzelnen Markt im LEH geführte Sortiment hängt von verschiedenen Faktoren (Fläche, Kundenstruktur, Verbrauchergewohnheiten, Entscheidungen des Kaufmanns) ab. Die Ergebnisse aus den jeweiligen Referenzmärkten können nur in verdichteter Form zu Aussagen herangezogen werden. Die Zahl der durchgeführten Store-Checks und deren Wiederholung lassen eine solche Verdichtung zu.

Hinsichtlich der Distributionsstrukturen von GVK und PET EW wurden im Fachgutachten die folgenden Arbeitsthesen definiert:

- Alle nationalen Top-Marken und auch alle anderen bedeutenden Marken sind mindestens auf Ebene der Regionalgesellschaften in den anhängigen Lagern und Märkten gelistet. Der Warenbezug erfolgt grundsätzlich über das Zentrallager oder über die anhängige externe Getränke-logistik.
- Es wird hier unterstellt, dass alle einem Zentrallager (ZL) zugeordneten Märkte alle relevanten Produkte führen, so dass hier der Mittelwert der Transportentfernung ZL – Markt zur Berechnung genutzt werden kann.
- Für den Transportweg Abfüller – ZL wird im Falle mehrerer Abfüllorte das Günstigkeitsprinzip¹ unterstellt.
- Ab Zentrallager erfolgt der Transport zum Markt für beide Verpackungen über das gleiche logistische System. Da im Grundsatz alle Vertriebslinien mit beiden Verpackungssystemen arbeiten, wird ab hier mit den gleichen Entfernungswerten gearbeitet.

Arbeitsthesen

¹ Bei Abfüllern mit mehreren Produktionsstandorten wird immer unterstellt, dass die Belieferung des Handels aus dem nächstgelegenen Werk erfolgt. Da dieses Prinzip grundsätzlich angewendet wird, entsteht kein Vorteil zugunsten einer Verpackung.

Hinsichtlich der Distributionsstrukturen von GVK und PET EW wurden im Fachgutachten die folgenden Arbeitsthemen definiert:

- Verpackung Glas-Mehrweg wird vorrangig von kleineren Abfüllbetrieben genutzt (lt. VdF). Die VdF-Mehrwegflasche als System ist dominierend. Im untersuchten LEH, GFGH/C&C wurde fast ausschließlich diese Mehrwegverpackung gefunden.
- Unabhängig vom logistischen System muss die Mehrwegflasche vom POS rückgeführt werden. Nach Rückfrage bei Abfüllern und im GFGH ist ein 1:1-Tausch auf Basis der gelieferten Flaschen teilweise mit speziellen Leergutkonten typisch. Die Vermeidung von „Pfandschlupf“ ist sicher auch ein kaufmännischer Aspekt. Das Leergut nimmt also in aller Regel den gleichen Weg zurück. Im Falle der Verwendung von speziellen Flaschen, z. B. Marke Klindworth, dürfte dies nahezu zwingend sein. Abweichungen davon gibt es, insbesondere in Zeiten erhöhten Leergutbedarfes (Saison) beim Abfüller. Sie stellen aber nicht den Regelfall dar, der hier die Grundlage bildet.
- Im Verhältnis von möglichem (i.S.v. gelistetem) Sortiment und dem real am POS verfügbaren Sortiment gibt es noch größere Abweichungen. Typische Ursachen sind die verschieden großen Verkaufsflächen, das typische Kaufverhalten der Stammkunden und die gezielte differenzierte Sortimentsgestaltung zwischen LEH und GFGH.
- Die logistischen Prozesse laufen mindestens zweistufig ab. Häufig gibt es noch mehr Umschlag- und Transportprozesse. Dies ist notwendig, um die Machbarkeit zu gewährleisten bzw. auch die Effizienz zu verbessern. So können Getränkemärkte in den Innenstädten kaum mit Lastzügen beliefert werden.
- Das Segment Fruchtsaft/Nektar ist spätestens ab der Stufe Niederlassung GFGH/ZL in den Gesamtprozess aller Sortimente integriert und kann deshalb immer nur als Teil einer solchen Gesamtlogistik betrachtet werden (Quellen: VdF, Brauwelt).
- Eine Abgrenzung zwischen Belieferung von POS und Zustellung zu Großverbrauchern ist nicht mehr möglich.
- Eine sehr fein strukturierte Logistik ist möglich. Laut BV GFGH gibt es in Deutschland ca. 4.000 Unternehmen in der Branche, das heißt im Mittel alle elf Kilometer eines.
- Die gesamte Transportentfernung wird maßgeblich von der Entfernung zwischen Abfüller und Zentrallager/Niederlassung GFGH bestimmt.
- Alle analysierten GFGH entsprechen in ihrem Wirkungskreis in etwa dem eines Logistikzentrums im LEH. Dabei liegt ein sehr großer Teil der Kunden bzw. der abgedeckten Fläche innerhalb eines Radius von 80 km.
- Um die Effizienz der logistischen Prozesse gerade bei größeren Transportentfernungen zu gewährleisten, werden die Lieferketten häufig mehrstufig gestaltet. Quantitative Aussagen dazu waren nicht zu recherchieren. Es ist aber davon auszugehen, dass sich dadurch die Transportentfernung etwas verändert. Das Kartenprogramm berechnet die günstigste Straßenentfernung nach der Prämisse 1. Autobahn – 2. Bundesstraße – 3. Landstraße
- Bei allen Interviews wurde sowohl bei Abfüllern, als auch im GFGH betont, dass, wenn überhaupt vorhanden, die eigenen Transportkapazitäten nicht ausreichen. Der Anteil der Transporte, der von Speditionen realisiert wird, ist sehr hoch. Bei den Abfüllern beträgt er zwischen 70 % und 100 % (nach Aussage von Befragten). Im Weiteren werden 80 % zugrunde gelegt.
- Der Anteil der Transporte des GFGH, die durch andere Speditionen ausgeführt werden, ist deutlich geringer. Dabei muss noch zwischen Gesamttransport zwischen Niederlas-

sung und Markt sowie Teiltransporten bei mehrstufigen Prozessen unterschieden werden. Da in den Gesamtprozess auch die Zustellprozesse einfließen, sind hier nur Schätzungen möglich. Der Fremdanteil wird auf 30 % bis 60 % geschätzt. Im Weiteren werden 45 % zugrunde gelegt.

- Viele Marken werden von verschiedenen GFGH distribuiert, deren Gebiete sich teilweise oder vollständig überschneiden. Eine genaue Zuordnung welcher lokale Markt, z. B. Edeka, durch welchen GFGH beliefert wird, ist letztendlich im nationalen Maßstab nicht abzubilden. Die Distribution (Reichweite) einer Marke ist somit in den meisten Fällen von der Reichweite des/der GFGH abhängig.
- Der Außendienst des GFGH übernimmt die direkte Kundenbetreuung, insbesondere für den Bereich GV/Zustellung. Damit wird eine Differenzierung der Mengen nach POS und GV weiter erschwert.
- Der logistische Prozess umfasst häufig mehrere Stufen. Zur methodischen Vereinfachung wird der Prozess auf die zwei grundsätzlichen Stufen Abfüller – GFGH – Markt reduziert. Ob die Transportentfernung zwischen GFGH und Markt auf einen oder mehrere Teiltransporte entfallen, hat rechnerisch auf das Ergebnis keinen Einfluss.
- Da hier die Redistribution mit zu berücksichtigen ist, ist die gesamte Entfernung mindestens als Werkverkehr zu behandeln. Der Aufschlag für den Speditionsanteil wird hier anteilig hochgerechnet.

Im Rahmen des Fachgutachtens werden verschiedene Varianten hinsichtlich des Anteils der Speditionsanteile an der Lieferstruktur ausgewiesen. Für die Ökobilanz wird jeweils die mittlere Variante mit einem Speditionsanteil ab Werk von 82,5 % und einem Speditionsanteil ab Zentrallager von 70 % angewendet. Zudem separiert das Fachgutachten bei den PET-EW-Flaschen zwischen „gekühlter“ und „ungekühlter“ Distribution, wobei letzterem ein Wert von mehr als 95 % zugewiesen wird. Im Rahmen der Ökobilanz wird die Distribution der 1,0-l- und 1,5-l-PET-EW-Monolayerflasche daher mit den Werten der Gesamtdistribution aus gekühlt und ungekühlt bilanziert. Für die Distributionsstruktur der 1,0-l-PET-EW-Multilayerflasche werden hingegen nur die Werte der Distributionsstruktur „ungekühlt“ verwendet, da dieses Gebinde nicht im gekühlten Bereich eingesetzt wird.

Die unten stehende Abbildung 3.11 zeigt eine grundlegende Übersicht über die Fahrten innerhalb des Distributionsmodells. Jeder dieser Fahrten ist eine entsprechende Entfernung zuzuweisen.

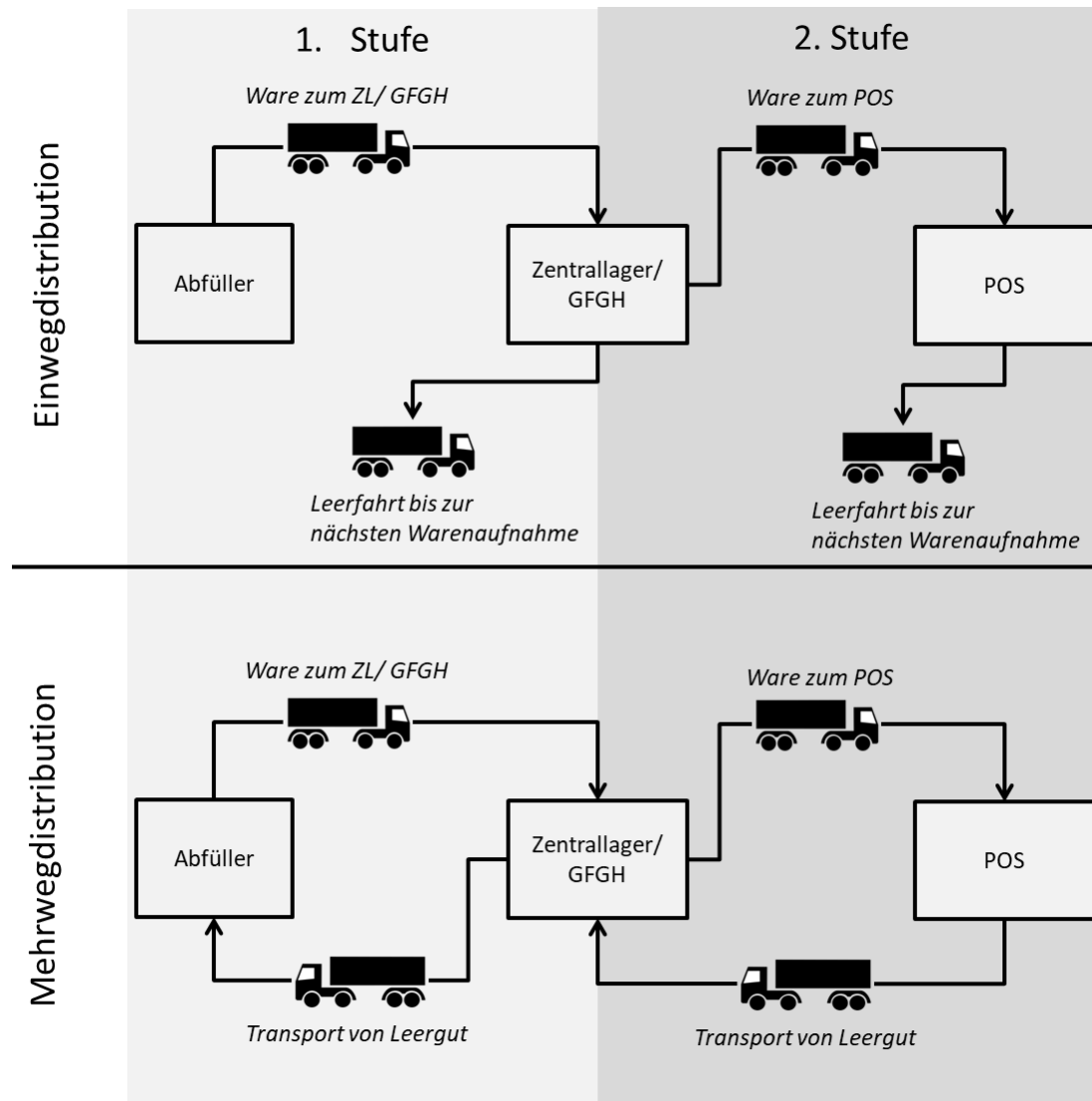


Abbildung 4.5: In der Studie verwendetes Distributionsmodell

Die Distanzen der einzelnen Fahrten sind den entsprechenden Fachgutachten (Roß 2017a und Roß 2017b) entnommen. Im Folgenden wird differenziert zwischen der verpackungssystemspezifischen Distributionsstruktur, welche die spezifische Situation einer bestimmten Verpackung innerhalb eines ausgewählten Getränkesegmentes beschreibt, und der getränkesegmentspezifischen Distributionsstruktur, welche die Situation für alle Verpackungen innerhalb eines ausgewählten Getränkesegmentes beschreibt. Entsprechend den Mindestanforderungen des UBA werden im Rahmen der vorliegenden Ökobilanz beide Distributionsmodelle verwendet.

Die nachstehende Tabelle listet die verpackungssystemspezifische Distributionsstruktur im Getränkesegment Soft auf.

Tabelle 4.5: Verpackungssystemspezifische Distributionsstruktur im Getränkesegment Saft

Verpackung	1. Stufe		2. Stufe		SUMME [in km]
	1. Stufe Ware zum ZL/GFGH [in km]	1. Stufe Leer- oder Rückfahrt [in km]	2. Stufe Ware zum POS [in km]	2. Stufe Leer- oder Rückfahrt [in km]	
GVK 1,0 l	276,4	76,0	56,0	31,9	440
GVK 1,5 l	276,4	76,0	56,0	31,9	440
PET EW Mono 1,0 l	289,9	90,1	50,1	35,7	466
PET EW Multi 1,0 l	281,1	92,3	49,8	35,5	459
PET EW Mono 1,5 l	289,9	90,1	50,1	35,7	466
Glas MW (VdF) 1,0 l	261,1	261,1	50,6	50,6	623

Die nachstehende Tabelle (3.6) listet die getränkesegmentspezifische Distributionsstruktur im Getränkesegment Saft auf.

Tabelle 4.6: Getränkesegmentspezifische Distributionsstruktur im Getränkesegment Saft

Verpackung	1. Stufe		2. Stufe		SUMME [in km]
	1. Stufe Ware zum ZL/GFGH [in km]	1. Stufe Leer- oder Rückfahrt [in km]	2. Stufe Ware zum POS [in km]	2. Stufe Leer- oder Rückfahrt [in km]	
GVK 1,0 l	281,8	102,3	52,4	35,8	472
GVK 1,5 l	281,8	102,3	52,4	35,8	472
PET EW Mono 1,0 l	281,8	102,3	52,4	35,8	472
PET EW Multi 1,0 l	281,8	102,3	52,4	35,8	472
PET EW Mono 1,5 l	281,8	102,3	52,4	35,8	472
Glas MW (VdF) 1,0 l	281,8	281,8	52,4	52,4	668

4.3.4 Distributionsstruktur in den Getränkegruppen H-Milch und Frischmilch

Die Identifikation der Distributionswege in den Getränkegruppen H-Milch und Frischmilch ist im Vergleich zum Getränkesegment Saft erheblich leichter, da über die EG-Nummer auf der Verpackung das Produktionswerk eindeutig zugeordnet werden kann. Über die Marktadresse lässt sich dann wiederum eine Zuordnung zur Logistik treffen (äquivalent zum Saft). Über diese Angaben lassen sich die Transportwege via Zentrallager bzw. vergleichbare Umschlagplätze zweifelsfrei bestimmen. Die Vielzahl an Arbeitshypothesen, die im Fachgutachten für das Getränkesegment Saft formuliert wurden (insbesondere für die Glas-MW-Flaschen), sind somit bei der Betrachtung der Getränkegruppen H-Milch und Frischmilch nicht nötig.

Im Rahmen der Ableitung der Distributionsstrukturen für H-Milch und Frischmilch erfolgt eine Splittung in drei Szenarien: Handelsmarke (Kontrakt), Top Marke (nat. Distribution) und regionale Marke. Die Datenbasis der Marktmengen ist teilweise bei den Abfüllern erhoben und/oder mit Marktdaten von Nielsen abgeglichen. Die Mengen in den Szenarien sind somit repräsentativ für den Markt, entsprechen aber nie 100 %. Das Mengenverhältnis zwischen den Szenarien entspricht aber den realen Marktverhältnissen. Anteile für Werkverkehr wurden mittels Befragung geschätzt und Aufschläge für Leerfahrten der Spedition lt. Themenpapier pauschal eingerechnet. Der Begriff Werkverkehr wurde hier so angewendet, dass nur der Transport mit jeweils unternehmenseigenen Fahrzeugen berücksichtigt wurde. Die nachstehende (3.7) Tabelle listet die verpackungssystemspezifische Distributionsstruktur in der Getränkegruppe H-Milch auf.

Tabelle 4.7: Verpackungssystemspezifische Distributionsstruktur in der Getränkegruppe H-Milch

Verpackung	1. Stufe		2. Stufe		SUMME [in km]
	1. Stufe Ware zum ZL/GFGH [in km]	1. Stufe Leer- oder Rückfahrt [in km]	2. Stufe Ware zum POS [in km]	2. Stufe Leer- oder Rückfahrt [in km]	
GVK 1,0 l	238,5	50,4	60,4	42,7	392
PET EW 1,0 l	386,3	52,2	124,1	68,7	631

Die nachstehende Tabelle (3.8) listet die getränkesegmentspezifische Distributionsstruktur in der Getränkegruppe H-Milch auf.

Tabelle 4.8: Getränkesegmentspezifische Distributionsstruktur in der Getränkegruppe H-Milch

Verpackung	1. Stufe		2. Stufe		SUMME [in km]
	1. Stufe Ware zum ZL/GFGH [in km]	1. Stufe Leer- oder Rückfahrt [in km]	2. Stufe Ware zum POS [in km]	2. Stufe Leer- oder Rückfahrt [in km]	
GVK 1,0 l	242,1	50,4	62,0	43,3	398
PET EW 1,0 l	242,1	50,4	62,0	43,3	398

Die nachstehende Tabelle (3.9) listet die Verpackungssystemspezifische Distributionsstruktur in der Getränkegruppe Frischmilch auf.

Tabelle 4.9: Verpackungssystemspezifische Distributionsstruktur in der Getränkegruppe Frischmilch

Verpackung	1. Stufe		2. Stufe		SUMME [in km]
	1. Stufe Ware zum ZL/GFGH [in km]	1. Stufe Leer- oder Rückfahrt [in km]	2. Stufe Ware zum POS [in km]	2. Stufe Leer- oder Rückfahrt [in km]	
GVK 1,0 l	262,9	54,4	61,2	40,3	419
PET EW 1,0 l	436,5	79,0	63,6	27,3	606
Glas MW 1,0 l	285,7	285,7	75,0	75,0	721

Die nachstehende Tabelle (3.10) listet die Getränkesegmentspezifische Distributionsstruktur in der Getränkegruppe Frischmilch auf.

Tabelle 4.10: Getränkesegmentspezifische Distributionsstruktur in der Getränkegruppe Frischmilch

Verpackung	1. Stufe		2. Stufe		SUMME [in km]
	1. Stufe Ware zum ZL/GFGH [in km]	1. Stufe Leer- oder Rückfahrt [in km]	2. Stufe Ware zum POS [in km]	2. Stufe Leer- oder Rückfahrt [in km]	
GVK 1,0 l	265,3	61,0	61,6	41,1	429
PET EW 1,0 l	265,3	61,0	61,6	41,1	429
Glas MW 1,0 l	265,3	265,3	61,6	61,6	654

4.3.5 Einschätzung der Datenqualität

Das Fachgutachten zur Distribution wurde nach Publikation der FKN-Studie im Jahr 2019 kontrovers diskutiert. Neben der grundsätzlichen Methode standen auch Einzelaspekte bzgl. des Umgangs mit Flaschentauch und zur Einbindung von Marken mit individualisierten Gebinden im Fokus der Kritik.

Das von Marktsensor ausgefertigte Fachgutachten zur Distribution wurde daher hinsichtlich der Punkte Datenerhebung und Datenverrechnung einer externen kritischen Prüfung durch die Firma GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH unterzogen [GVM 2019].

Die Stellungnahme der GVM kommt zu folgendem zusammenfassenden Ergebnisse:

„Zwar wurden einige Punkte ausgemacht, denen bei einer Neubearbeitung Beachtung geschenkt werden könnte:

1. *zweistufige Distribution in City-Lagen unrealistisch*
2. *zweistufige Re-Distribution für Glas-Mehrweg zu stark vereinfachend*
3. *Abstraktion auf die Vertriebslinie klassischer Einzelhandel*

4. zu hohe Gewichtung der regionalen Distribution bei Glas-Mehrweg

Allerdings gibt es zu diesen Annahmen oft keine realistische methodische Alternative (Punkte 1., 2. und 3.). Oder es wurden bestehende Spielräume in der Vorgehensweise zu Ungunsten des Packstoffs Getränkekarton ausgelegt (Punkte 2. und 4.).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Vorgehensweise und die Ergebnisse des Fachgutachtens unter Mitwirkung von MarktSensor geprüft und sehr gut nachvollzogen werden konnten.

Aus Sicht der GVM gibt es keine wesentlichen Schwachstellen. Gegen die Anwendung der Ergebnisse in einer Getränkeökobilanz gibt es keine Bedenken.“

Hinsichtlich des Themas Poolflaschentauch wurde im Fachgutachten ein eher idealisierter Ansatz für die Berechnung im Fachgutachten genutzt, der davon ausgeht, dass alle Flaschen immer zurück zum Abfüller finden. Nach Aussage des Fachgutachters MarktSensor lassen sich Verlust und Austausch der Flaschen zwar in der Gesamtbetrachtung mengenmäßig erfassen, aber nicht eindeutig dem Szenario und schon gar nicht einem Ort zuordnen. Die Stellungnahme der GVM würdigt diesen Punkt kritisch, bewertet das Vorgehen aber als optimistisch für die Mehrwegsysteme.

Die Firma Klindworth¹ wird im Fachgutachten zur Distribution exemplarisch als eine Marke in der überregionalen Distribution genannt. Die Distribution erfolgt jedoch seit einiger Zeit nur noch in individualisierten Mehrweggebinden. Ob die Berücksichtigung erfolgte, weil zum Zeitpunkt der Datenerhebung noch Restmengen dieser Firma in VDF-Flaschen auf dem Markt waren oder die Berücksichtigung erfolgte, weil die Flaschen der Firma denen des VDF-Pools ähnlich sind, lässt sich heute nicht mehr zweifelsfrei klären. Seitens des Fachgutachters wird die Abweichung durch die Berücksichtigung der Absatzmengen dieser Firma auf unter 1 % geschätzt. Dieser Punkt kann vor dem Hintergrund, dass GVM die Anteile der regionalen Distribution der Mehrweggebinde als tendenziell überschätzt bewertet, als irrelevant für die ökobilanziellen Vergleichsaussagen bewertet werden.

De facto können die für diese Ökobilanz angesetzten Distributionswerte somit als konservative Annahmen für den Verpackungsvergleich angesehen werden, da sie die Distanzen der Glas Mehrweggebinde eher unterschätzen.

¹ Klindworth ist eine Marke der Niehoffs Vaihinger Fruchtsaft GmbH, die wiederum ein Unternehmen der Mineralbrunnen Überkingen-Teinach GmbH & Co. KGaA ist. Das Produktportfolio der Klindworth umfasst in erster Linie Spezialitäten, Säfte und Nektare aus tropischen Früchten, alkoholfreien Punsch und Glühwein.

4.4 Abfüllung von Mehrweg- und Einweggebinden

4.4.1 Mindestanforderungen an die Ableitung von Abfülldaten

Die Mindestanforderung behandeln das Thema der Abfülldaten nicht explizit, sondern fassen sie unter der Überschrift Prozessdaten zusammen. Gemäß der Definition der Mindestanforderungen sind Abfülldaten Prozesse der 1. Ordnung, da sie direkt im Zusammenhang mit dem Materialfluss stehen. Dort stellen sie einen Handlingprozess dar, da sie keinen neuen Stofffluss generieren, sondern lediglich lenken und dabei Energieverbräuche verursachen. Die Mindestanforderungen empfehlen insbesondere für Abfülldaten die Nutzung von Hintergrunddaten, also Daten, die einen definierten Sachverhalt beschreiben, ohne dabei speziell für den in der Untersuchung aktuell untersuchten Sachverhalt erhoben worden zu sein. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass die verwendeten Daten den Sachverhalt beschreiben und die durchschnittlichen deutschen Verhältnisse im Bezugszeitraum repräsentieren. Auch sollte eine Vermischung von technischen Spezifikationen und erhobenen Realdaten nach Möglichkeit vermieden werden.

4.4.2 Zusammenstellung und Vergleich verschiedener Abfülldaten für die untersuchten Getränkeverpackungssysteme

Im Rahmen der hier durchgeführten Studie wurden keine neuen Abfülldaten erhoben, sondern vorhandene Datenbestände ausgewertet und miteinander verglichen. Für die Systeme GVK und PET EW liegen verschiedenen Datensätze seit dem Jahr 2010 vor, die vor allem Herstellerangaben verarbeiten, die jedoch mit im Realbetrieb erhobenen Praxisdaten validiert wurden. Typischerweise sind Herstellerangaben, die so genannten Garantiewerte, tendenziell etwas höher als die im Regelbetrieb erhobenen Praxisdaten.

Für die Abfüllung von Säften und Nektaren sowie Frischmilch in Glas-Mehrwegflaschen liegt kein valider Datenbestand vor. In einem ersten Schritt wurden daher die Abfülldaten für Saft der UBA-II-Studie mit einem aktuellen Datensatz für die Abfüllung von Mineralwasser verglichen. Die Vergleichbarkeit ist stark eingeschränkt, da die Abfüllung von Mineralwasser völlig anders funktioniert als die Abfüllung von Saft (kalte, nicht aseptische Abfüllung vs. heiße Abfüllung). Der Vergleich dient somit primär der Validierung des Strom- und Druckluftverbrauchs. In einem weiteren Schritt wurden die vorhandenen Abfülldaten mit einem aktuellen Datensatz von Garantiewerten für die Saftabfüllung verglichen. Im Sinne eines konservativen Ansatzes wurden die Garantiewerte um 20 % reduziert.

Ableitung der Daten durch qualifizierte Schätzung

Auffällig ist, dass im Vergleich zwischen UBA II und den neuen Daten der Bedarf an Druckluft zugenommen hat. Experten aus der Praxis erklären diese Entwicklung damit, dass verstärkt elektrische Verbraucher auf Druckluft umgestellt wurden. In der ökobilanziellen Betrachtung spielen die Emissionen der Druckluftherzeugung und -aufbereitung nur eine deutlich untergeordnete Rolle.

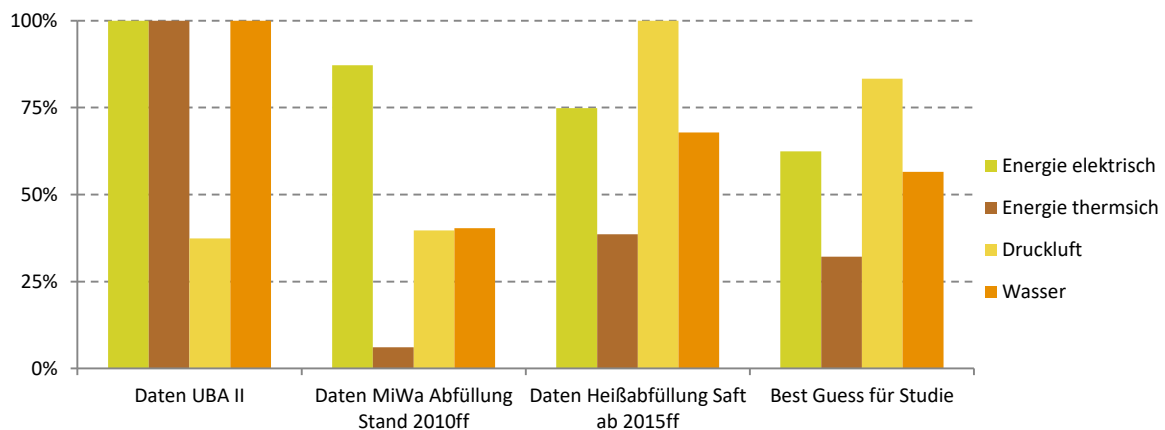


Abbildung 4.6: Relativer Vergleich von Abfüllwerten für Glas-Mehrwegflaschen (Getränkesegment Saft)

Im Vergleich zwischen den Getränkeverpackungssystemen fällt auf, dass die Glas-Mehrweggebinde gegenüber den Einwegverpackungen einen deutlich erhöhten Bedarf an thermischer Energie haben. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die Reinigung der Gebinde in den Abfülldaten integriert ist. Zum anderen können nur Glas-Mehrwegflaschen heiß abgefüllt werden, Getränkeverbundkartons und PET-Einwegflaschen erreichen die notwendige Hygiene im Rahmen der Abfüllung über den Einsatz von (Wasserstoff-)Peroxid. Aus Gründen der Vertraulichkeit der Daten kann der Vergleich hier nur in relativer Form dargestellt werden.

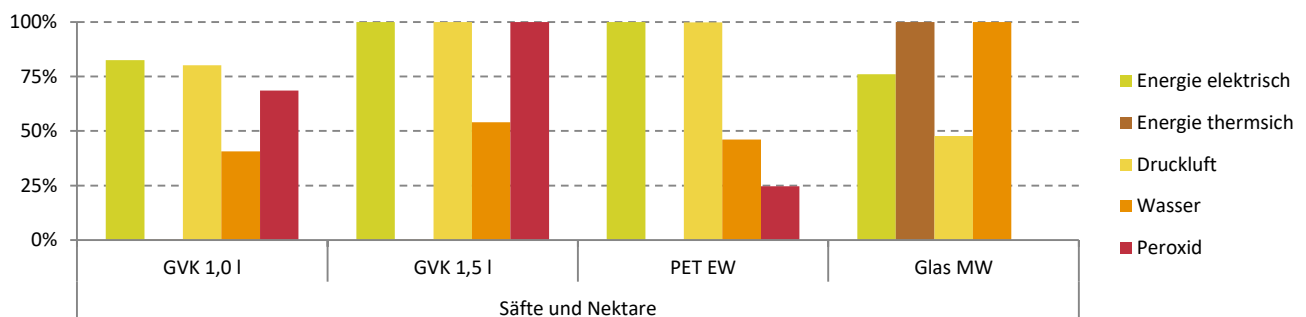


Abbildung 4.7: relativer Vergleich der Abfülldaten im Getränkesegment Säfte und Nektare

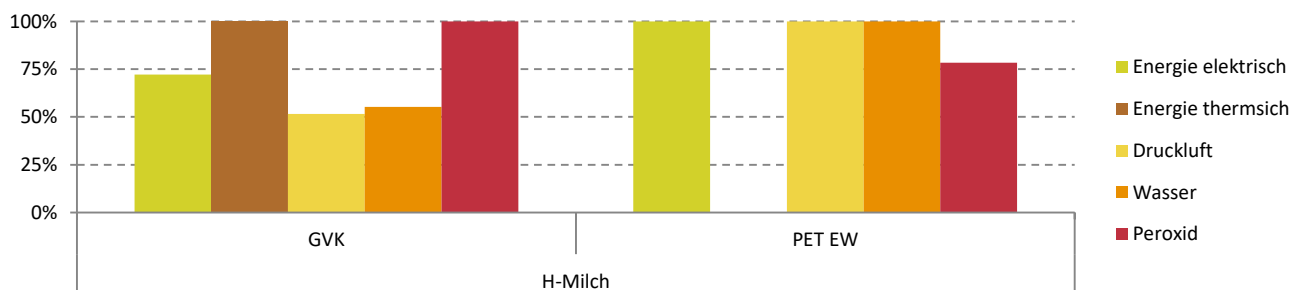


Abbildung 4.8: relativer Vergleich der Abfülldaten im Getränkesegment H-Milch

Für die Abfüllung von Frischmilch in Glas-Mehrweg liegen keine Daten vor. Hilfsweise werden daher die Prozessdaten der Saftabfüllung verwendet.

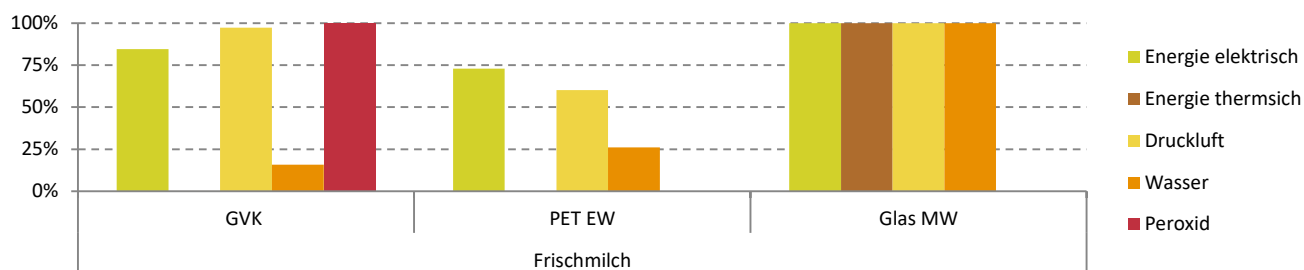


Abbildung 4.9: Relativer Vergleich der Abfülldaten im Getränkesegment Frischmilch

4.4.3 Einschätzung der Datenqualität

Die Ableitung der Daten musste mit der Herausforderung umgehen, dass es für die Mehrweggebinde keine aktuellen Erhebungen gab. Die gewählte Herangehensweise über die Herstellerdaten im Sinne von Garantiewerten mit einem pauschalen Abschlag von 20 % kann als konservatives Vorgehen bezeichnet werden. Der getränkesegmentspezifische Vergleich der Daten zeigt, dass die Prozessdaten mit Ausnahme der Werte für den Einsatz der thermischen Energie in einer üblichen Bandbreite liegen. Der Bedarf der thermischen Energie erklärt sich durch die notwendige Gebindewäsche und die Form der Abfüllung (Heißabfüllung bei Saft). Die Daten werden somit als hinreichend plausibel erachtet.

Die hilfsweise Nutzung der Saft-Abfülldaten der Glas Mehrwegflaschen auch für die Milchflaschen erscheint plausibel. Der Bedarf an elektrischer Energie und Druckluft ist vergleichbar mit den Verbrauchswerten der Einweggebinde; die thermische Energie wird primär im Rahmen der Flaschenwäsche genutzt.

4.5 Entsorgungswege gebrauchter Packmittel

4.5.1 Mindestanforderungen an die Beschreibung der Entsorgungswege

Grundsätzlich sind alle stattfindenden Entsorgungswege auch in der Modellierung zu berücksichtigen, jedoch dürfen unter den im Folgenden definierten Randbedingungen Vereinfachungen durchgeführt werden:

- Unter der Prämisse, dass unterschiedliche Formen der Erfassung dennoch zu einer gleichen Form der Verwertung führen, können Vereinfachungen in der Modellierung vorgenommen werden, indem nur die Haupterfassungssysteme berücksichtigt werden, sofern über das Haupterfassungssystem mehr als 80 % der zur Verwertung erfassten Abfälle gesammelt werden.
- Unter der Prämisse, dass eine alternative Form der Erfassung oder eine in der Sortierung anfallende Nebenfraktion einen neuen Verwertungsweg begründet, ist dieser entsprechend zu bilanzieren und mit passenden ökobilanziellen Quoten zu versehen.
- Unter der Prämisse, dass über einen Erfassungsweg weniger als 1 % der zur Verwertung erfassten Abfälle gesammelt werden, kann dieser Weg in der Modellierung vernachlässigt werden.

- Als generelle Anforderung wird formuliert, dass im Rahmen der Dokumentation eine Gegenüberstellung zwischen den in der Realität auftretenden Verwertungswegen der Packmittel und den in der ökobilanziellen Modellierung berücksichtigten Verwertungswegen stattfindet. Werden Vereinfachungen vorgenommen, sind diese zu begründen.

Für die Modellierung der Entsorgungswege der untersuchten Getränkeverpackungssysteme sind die folgenden Quoten zu definieren:

- Ökobilanzielle Erfassungsquote (öEQ)
 - Verhältnis von Output des Erfassungsprozesses zur Gesamtmenge des Referenzflusses (bestimmt durch Verpackungsspezifikation und Funktioneller Einheit)
- Ökobilanzielle Sortierquote (öSQ)
 - Verhältnis vom Output des Sortierprozesses zum Output des Erfassungsprozesses

Quotenregime der Ökobilanz

Diese Quoten sind für alle Komponenten und alle Entsorgungswege der zu untersuchenden Getränkeverpackungssysteme separat zu bestimmen und nachvollziehbar zu dokumentieren. Die Ableitung der Quoten für die Modellierung der Entsorgungswege der untersuchten Getränkeverpackungssysteme ist wie folgt durchzuführen:

- Die Quoten sind in Form einer für das untersuchte Getränkeverpackungssystem spezifischen Datenerhebung zu ermitteln.
- Sollte die Bestimmung der Quoten mittels Datenerhebung nicht möglich sein, kann auf Daten aus der abfallwirtschaftlichen Berichterstattung zurückgegriffen werden.

Wird auf Daten der abfallwirtschaftlichen Berichterstattung zurückgegriffen, ist die folgende Anpassung verpflichtend:

- Bestimmung des Mindestmaterialgehaltes innerhalb der Verwertungszuführungsmenge mit Hilfe der für die verschiedenen Materialien festgelegten Reinheitsquoten der Sortierfraktionen wie bspw. von Dehoust und Christiani (UBA 40/2012)¹ dargestellt. Bei der Bestimmung der Quoten sind in beiden Durchführungsoptionen (basierend auf spezifischen Daten bzw. auf abfallwirtschaftlicher Berichterstattung) zu berücksichtigen:
 - Füllgutanhaftungen in Getränkeverpackungen
 - und Restfeuchte im Material
- Sortierquoten werden mittels Messungen/ Sortierversuchen ermittelt oder aus Literaturdaten bzw. ingenieurtechnischen Schätzungen übernommen. Bei Verwendung von Sortierquoten aus Literaturdaten bzw. ingenieurtechnischen Schätzungen (bspw. (IFEU/HTP 2001)²) sind konservative Schätzwerte zu verwenden.
- Die maximal mögliche Erfassungsquote ist 99 %. Ergeben sich durch die rechnerische Ableitung der Erfassungsquote Werte größer als 99 %, so sind diese entsprechend nach unten zu korrigieren.

¹ (UBA 40/2012) Dehoust, G. und Christiani, J.: Analyse und Fortentwicklung der Verwertungsquoten für Wertstoffe - Sammel- und Verwertungsquoten für Verpackungen und stoffgleiche Nichtverpackungen als Lenkungsinstrument zur Ressourcenschonung. Freiburg, Aachen, Berlin, Mai 2012

² (IFEU/ HTP 2001) Christiani, J. et al.: Grundlagen für eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle Verwertung von Verkaufsverpackungen. Arbeitsgemeinschaft aus HTP, Ingenieurges. f. Aufbereitungstechnik und Umweltverfahrenstechnik, Aachen und IFEU, Heidelberg. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FZK 298 33 719, Berlin 2001.

Die Übernahme von Literaturdaten muss an hohe Standards geknüpft werden, besonders dann, wenn es zu einem Mix aus speziellen und allgemeinen Daten kommt. Dazu gehört, dass nicht nur die Ergebnisdaten einbezogen werden, sondern auch auf Basis der gesamten verfügbaren Informationen der Datenquelle eigene Berechnungen angestellt werden. Für Packmittel der Um- und Transportverpackung kann der vereinfachte Ansatz unter Rückgriff auf Daten aus der abfallwirtschaftlichen Berichterstattung mit spezifizierten Anpassungen gewählt werden, sofern diese nicht mehr als 20 % der Masse des Referenzflusses des untersuchten Verpackungssystems ausmachen (so der Fall bei den Wellpappetrays als Umkarton der GVK-Systeme. Vgl. Kap. 4.2 Referenzfluss).

4.5.2 Ableitung der Entsorgungswege

Die Ökobilanz braucht für die sachgerechte Abbildung der Entsorgungswege eine Modellierung entlang des Stoffstroms. Dies ist nötig, um die Unterschiede zwischen den verschiedenen Entsorgungswegen (Restabfallverwertung, LVP Verwertung, Papierverwertung) abbilden zu können.

Problemstellung

In der **Kunststofffraktion** fallen 2016 3.097,7 kt Verpackungsabfälle an, wovon 1.540,3 kt stofflich verwertet werden, 1.212,9 kt inländisch. Energetisch verwertet werden 1.539,2 kt, ausschließlich inländisch. Darüber hinaus werden noch 11,8 kt in Abfallverbrennungsanlagen ohne Verwertungsstatus verbrannt und weitere 6,3 kt nach einer entsprechenden Vorbehandlung deponiert. Die Verwertungswege sind wie folgt:

Auswertung UBA 58/2018 Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2016

- Stoffliche Verwertung: 49,7 %
- Energetische Verwertung: 49,7 %
- Mitverbrennung und Deponie 0,6 %

In der **GVK Fraktion** beläuft sich die Summe auf 180,7 kt angefallene Verpackungsabfälle in 2016, davon werden 138,8 kt stofflich verwertet, 128,9 kt davon inländisch. Der verbleibende Rest von 40,8 kt wird inländisch energetisch verwertet, zumeist in der MVA/ MBA. Deponie und Mitverbrennung sind auch hier nahezu ohne Bedeutung. Die Verwertungswege sind wie folgt:

- Stoffliche Verwertung: 76,8 %
- Energetische Verwertung: 22,6 %
- Mitverbrennung und Deponie 0,6 %

In der **PPK Fraktion** werden in 2016 von 7.927,3 kt angefallenen Verpackungsabfällen 7.056,4 kt stofflich verwertet, 5.600,3 kt davon inländisch. Der Rest wird inländisch energetisch verwertet, zumeist in der MVA/ MBA. Nur minimale Reste werden deponiert (17,6 kt). Die Verwertungswege sind wie folgt:

- Stoffliche Verwertung: 89 %
- Energetische Verwertung: 10,7 %
- Deponie: 0,2 %

In der **Aluminiumfraktion** fallen im Jahr 2016 114,2 kt Verpackungsabfälle an. Davon sind aber lediglich 6,4 kt Verschlüsse von Mehrwegflaschen. Von der Gesamtmenge werden 100,4 kt werkstofflich verwertet, weitere 4,2 kt thermisch verwertet und 6,3 kt im Sinne

einer Abfallmitverbrennung entsorgt. Weitere 3,3 kt werden deponiert. Die Verwertungswege sind wie folgt:

- Stoffliche Verwertung: 87,9 %
- Energetische Verwertung: 3,7 %
- Mitverbrennung: 5,5 %
- Deponie: 2,9 %

Die angefallenen Verpackungsabfälle der **Weißblechfraktion** belaufen sich 2016 auf 505,9 kt. Davon sind 9,3 kt Verschlüsse aus der Altglasaufbereitung. Von der Gesamtmenge werden 459,5 kt werkstofflich verwertet (vornehmlich inländisch). Der Rest wird deponiert. Die Verwertungswege sind wie folgt:

- Stoffliche Verwertung: 90,8 %
- Energetische Verwertung: 0 %
- Deponie 9,2 % (in Form von MVA Schlacke)

Die Gesamtsumme der **Glasfraktion** beläuft sich auf 2808,1 kt angefallene Verpackungsabfälle in 2016. Davon sind 345,3 kt verschrottete Mehrwegflaschen (abgeleitet aus Zukauf Mehrwegglas). Von der Gesamtmenge werden 2401,8 kt werkstofflich verwertet (vornehmlich inländisch). Der Rest wird deponiert. Die Verwertungswege sind wie folgt:

- Stoffliche Verwertung: 85,5 %
- Energetische Verwertung: 0 %
- Deponie 14,5 % (in Form von MVA Schlacke)

In der **Holzfraktion** fallen im Jahr 2016 3159,8 kt Verpackungsabfälle an. Von der Gesamtmenge werden 820 kt werkstofflich verwertet (vornehmlich inländisch). 2319,2 kt werden energetisch verwertet, die restlichen 20,6 kt werden mitverbrannt oder deponiert. Die Verwertungswege sind wie folgt:

- Stoffliche Verwertung: 26,0 %
- Energetische Verwertung: 73,4 %
- Deponie 0,6 % (in Form von MVA Schlacke)

Ein von der GVM im Auftrag der Industrievereinigung Kunststoffverpackungen erhobenes Zahlenmaterial beschreibt die Situation von PET-Getränkeflaschen (inkl. Milch und Milchlösung) im Jahr 2017 in Deutschland. Im Bericht wird der Verbrauch an PET-Getränkeflaschen mit 495,6 kt beziffert. Davon sind 427,1 kt bepfandete PET-EW-Flaschen, 46,5 kt unbepfandete PET-EW-Flaschen und 21,9 kt PET-Mehrwegflaschen.

Auswertung GVM Bericht „Aufkommen und Verwertung von PET Getränkeflaschen in Deutschland 2017“

Als Quoten für die werkstoffliche Verwertung (definiert als Verwertungszuführungsmengen) werden für die Gesamtfraktion aller PET Flaschen 93 % ausgewiesen, für die Fraktion aller pfandpflichtigen PET-Flaschen (EW und MW) 97,3 %. Durch Differenzbildung errechnet sich somit eine Verwertungsquote (werkstofflich) für die unbepfandeten Gebinde von 52 %.

Die vorhandene Literatur bietet keine direkt anwendbaren Daten für die stoffstrombezogene Modellierung, bestehend aus ökobilanzieller Erfassungsquote (was wird vom Stoffstrom in das für den Verpackungsbestandteil vorgesehene Verwertungssystem gelenkt?)

Weitere notwendige Angaben für die Ableitung der Entsorgungswege

und ökobilanzieller Sortierquote (was wird innerhalb der Sammlung durch die Sortieranlage der intendierten Verwertung zugeführt?). Die im Vorherigen dargestellten Daten sind auf Basis der Zuführungsmengen in die werkstoffliche und energetische Verwertung generiert (UBA 58/2018). Ausgewertet werden dafür vornehmlich die Wiegescheine am Ausgang der Sortieranlagen. In den verworfenen Mengen sind jedoch auch Störstoffe und Restfüllmengen enthalten. Diese gilt es für die Verwertung der Daten in der Ökobilanz herauszurechnen.

Die untenstehende Abbildung zeigt das Modell für die Umrechnung. Durch den Bericht (UBA 58/2018) sind die angefallenen Verpackungsmengen innerhalb einer Materialgruppe gegeben, ebenso wie die Menge an Verpackungen, die werkstofflich oder energetisch verwertet wurden.

Mithilfe von Literaturdaten zur Sortierquote und zur Bemessung von Störstoffanteilen können Korrekturrechnungen durchgeführt werden, so dass sich die Menge an Verpackungsabfällen auf die unterschiedlichen Entsorgungsrouten aufteilen lassen und somit ein Quotenregime für die Modellierung der Prozesse am Lebenswegende der Verpackungen entsteht.

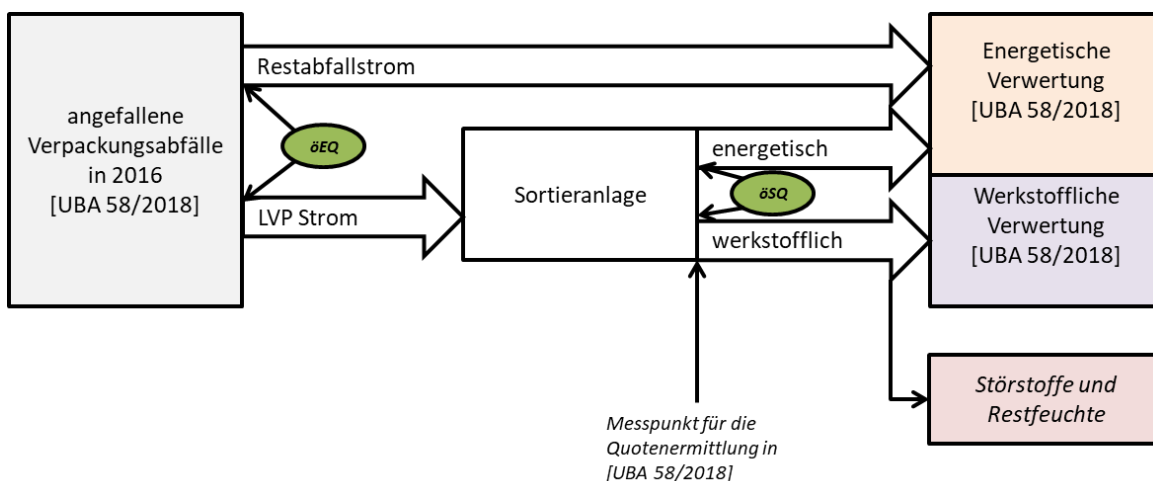


Abbildung 4.10: Schematische Darstellung des Modells zur Umrechnung der Quoten

Für die Mindestmaterialgehalte in der Fraktion werden die Fraktionsklassifizierungen¹ der **Mindestmaterialgehalte** Dualen Systeme ausgewertet:

- Für P-Körper:
 - Flüssigkeitskartons (Fraktions-Nr. 510): 90 %
 - PET-Gebinde transparent inkl. Verschlüsse und Etiketten (Fraktions-Nr. 325): 98 %
- Für lose Verschlüsse in der LVP-Sammlung²:
 - Polypropylen (Fraktions-Nr. 324): 94 %
 - Polyethylen (Fraktions-Nr. 239): 92 %

¹ Das sind die Vertragsparameter mit den Betreibern der Sortieranlagen

² Es wird angenommen, dass 70 % der Verpackungen mit Deckel entsorgt werden. Dies ist eine Schätzung, entsprechende Daten liegen nicht vor.

- Weißblech (Fraktions-Nr. 410): 93 %
- Aluminium (Fraktions-Nr. 420): 90 %
- Für Umverpackungen
 - Kunststoff-Folien (Fraktions-Nr. 310): 92 %

Die Füllgutreste in den Gebinden werden anhand von Literaturquellen und technischen Schätzungen abgeleitet. Im Rahmen des Planspiels zur Fortentwicklung der Verpackungsverordnung (UBA Texte 08/2011) wurde für GVK eine Restfeuchte von 5 % bestimmt. Für andere Gebinde finden sich keine Zahlen. Im Rahmen der Mindestanforderungen wurde ein Wert von 1 % diskutiert und als technische Schätzung klassifiziert.

Füllgutreste

Die Sortierquote ist der Anteil des Massenstroms einer Verpackung am Eingang der Sortieranlage, der in die dafür vorgesehene Sortierfraktion gelenkt wird. Auch die Sortierquoten werden der Literatur entnommen. Hierfür ist (IFEU/ HTP 2001) *Grundlagen für eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle Verwertung von Verkaufsverpackungen* noch immer die adäquateste Quelle, auch wenn der Bericht schon 17 Jahr alt ist. Darin sind die folgenden Sortierquoten dokumentiert:

Sortierquote

- Flüssigkeitskartons: 88,8 %
- PET-Einwegflaschen: 99 %
- Kunststoffverschlüsse: 90 %
- Weißblechverschlüsse: 97,8 %
- Aluminiumverschlüsse: 81,0 %
- Kunststofffolien > DIN A4: 92,7 %
- Wellpappe: 90 %

Auf Basis der gegebenen Daten lässt sich für die Komponenten der zu untersuchenden Verpackungssysteme das folgende Quotenregime errechnen. Dafür werden mittels der Werte in den Spalten „Quote für die werkstoffliche Verwertung aus (UBA 58/2018)“ mittels der Werte in der Spalte „Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte“ korrigiert und in Spalte „Werkstoffliche Verwertung korrigiert“ angegeben. Dieser Wert wird dann mit der „Sortierquote entsprechend der Literatur“ multipliziert und ergibt dann die im Modell anzusetzende Erfassungsquote.

Quotenregime

Tabelle 4.11: Quotenregime für Primärverpackungen

	Quote für die werkstoffliche Verwertung aus (UBA 58/2018)	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korri- giert	Sortierquote ent- sprechend der Literatur	Errechnete Erfas- sungsquote
Körper (+ Etikett)					
GVK	76,1 %	15,0 %	64,7 %	88,8 %	72,8 %
PET EW	52,0 %	3,0 %	50,4 %	99,0 %	50,9 %
Glas MW	85,5 %	0,0 %	85,5 %	99,0 %	86,4 %
Verschlüsse auf Körper (70 %)					
KS-Verschlüsse auf GVK	76,1 %	15,0 %	64,7 %	88,8 %	72,8 %
KS-Verschlüsse auf PET	52,0 %	3,0 %	50,4 %	99,0 %	50,9 %
Alu-Verschlüsse	85,5 %	0,0 %	85,5 %	99,0 %	86,4 %
WB-Verschlüsse	85,5 %	0,0 %	85,5 %	99,0 %	86,4 %
Verschlüsse lose (30%)					
KS-Verschlüsse PE	49,7 %	8,0 %	45,7 %	90,0 %	50,8 %
KS-Verschlüsse PP	49,7 %	6,0 %	46,7 %	90,0 %	51,9 %
Alu-Verschlüsse	87,9 %	10,0 %	79,1 %	81,0 %	97,7 %
WB-Verschlüsse	90,8 %	7,0 %	84,4 %	97,8 %	86,3 %

Tabelle 4.12: Quotenregime für Um- und Transportverpackungen

	Quote für die werkstoffliche Verwertung aus (UBA 58/2018))	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korri- giert	Sortierquote ent- sprechend der Literatur	Errechnete Erfas- sungsquote
Kunststofffolien	49,7 %	8,0 %	45,7 %	92,7 %	49,3 %
Wellpappetrays	89,0 %	0,0 %	89,0 %	90,0 %	98,9 %
Paletten	26,0 %	0,0 %	26,0 %	100,0 %	26,0 %

4.5.3 Beschreibung der Entsorgungswege gebrauchter Packmittel

Im Folgenden sollen die Entsorgungswege, welche die gebrauchten Packmittel durchlaufen, verbal beschrieben werden. Denn die Zuordnung zu einer Sortierfraktion hat zwar großen Einfluss auf den Entsorgungsweg, doch weitere Parameter, die in den Verpackungsspezifikationen begründet sein können, haben teilweise ebenso großen Einfluss auf die tatsächlich beschrittenen Wege.

Die in dieser Studie untersuchten Einwegsysteme – Getränkeverbundkarton und PET-Flaschen – werden über die häusliche Wertstoffsammlung erfasst.

Die in dieser Studie abgeleitete rechnerische Erfassungsquote für Getränkeverbundkartons beträgt für das Jahr 2016 72,8 %. Ziel der Erfassung ist es, die Verbundkartons in den Sortieranlagen für die Wertstoffsammlung in eine eigene Fraktion zu sortieren und einer stofflichen Verwertung zuzuführen, was auch mit 88,8 % der GVKs passiert. In Recyclingwerken werden die Papierfasern von den PE-Al-Verbünden getrennt und im Rahmen der Altpapieraufbereitung zu Produkten aus recycelten Papierfasern verarbeitet. De facto stehen 63 % der eingesetzten Primärfasern anderen Anwendungen als Sekundärfasern zur Verfügung. Die übrigen Bestandteile, Kunststoffreste bzw. Plastik/Aluminium-Verbünde, werden als Brennstoff in Zementwerken thermisch verwertet. Bezogen auf das Gesamtsystem GVK werden somit 42,5 % der eingesetzten Materialien werkstofflich verwertet.

Entsorgungswege der Getränkeverbundkartons

Verwertung Getränkekarton

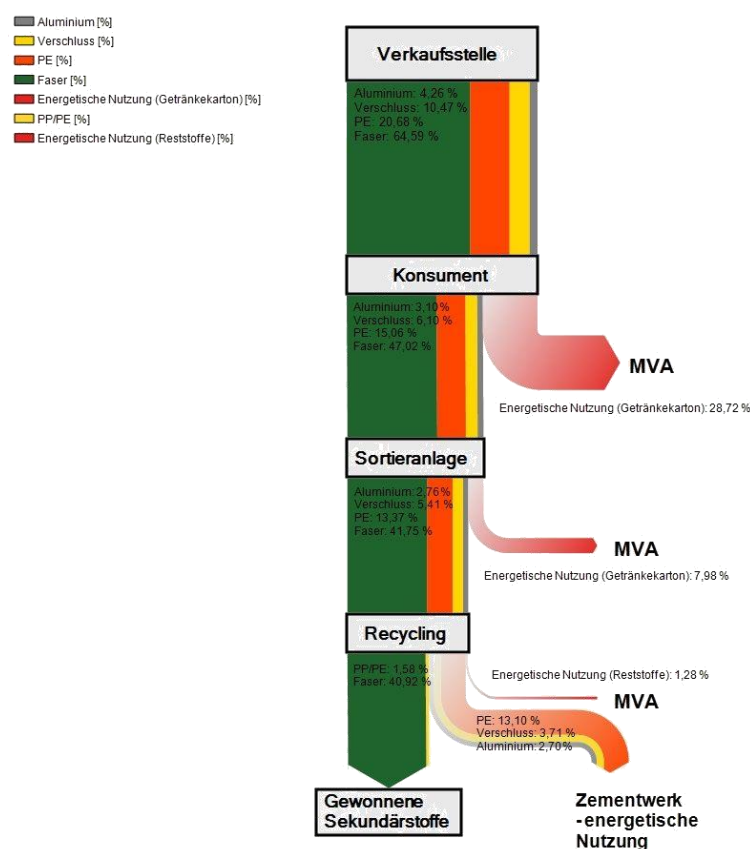


Abbildung 4.11: Stoffstrom innerhalb der Verwertung von Getränkekartons inkl. Verschlüsse (aufgedreht und lose)

Mittlerweile können die PE-Al-Verbünde auch einer stofflichen Verwertung zugeführt werden. Nach Angaben der ReCarton GmbH wurden zwischen 2010 und 2017 jährlich bis zu 40 % der anfallenden Folienreste stofflich verwertet. Beide Anlagen haben ihren Betrieb eingestellt. Die Getränkekartonhersteller haben angekündigt, im Jahr 2020/2021 eine neue Aufbereitungsanlage in Betrieb zu nehmen. GVKs, die in der Sortieranlage nicht in die GVK-Fraktion sortiert werden, werden als Sortierreste energetisch verwertet. GVKs, die nicht über die Wertstoffsammlung erfasst werden, werden in MVAs verbrannt.

Auf die leeren GVK aufgedrehte Kunststoffverschlüsse werden im Rahmen der GVK Verwertung den Rejekten zugeordnet und energetisch verwertet.

Die Erfassungsquote für unbepfandete PET-Einwegflaschen betrug im Jahr 2016 50,9 %. Ziel der Erfassung ist es, die PET-Flaschen in den Sortieranlagen für die Wertstoffsammlung in eine eigene Fraktion zu sortieren und einem Recycling zuzuführen. Aufgrund höherer Anforderungen an die Licht- und Sauerstoffbarriere enthalten jedoch PET-Flaschen für sensible Füllgüter wie Saft oder Milch oft mehrere Schichten (Multilayer), PET-PA Compounds (Saft/Nektar) oder carbon black oder TiO₂ (Milch) als zusätzliche Barrierschichten. Aufgrund dieser speziellen Materialkompositionen ist die Recyclingfähigkeit dieser Flaschen eingeschränkt.

Entsorgungswege der PET-Einwegflaschen

Der Einsatz von PET-PA Compounds wirkt sich negativ auf die Recyclingfähigkeit der Flaschen aus (Verfärbung bei thermischer Belastung; vgl. Cyclos/HTP 2016), bei Multilayer-Flaschen machen teilweise die PA-Anteile Probleme in den Schneidmühlen (PA wickelt sich um die Achsen). Rezyklate aus PET-Saftflaschen sind daher nicht Bottle-to-Bottle-tauglich, da sie den engen PET-Wertstoffkreislauf stören. Daher akzeptieren die PET-Recycler die Saftflaschen nicht in der entsprechenden Recyclingfraktion. Die PET-Flaschen für Konsummilch sind aufgrund der zusätzlichen Barrierschichten zumeist weiß. Das Rezyklat aus diesen Flaschen würde ebenfalls den Wertstoffkreislauf stören, da die weißliche Färbung aus Sicht der Recycler die Qualität des Bottle-to-Bottle-Granulats aus klaren PET-Flaschen senken würde. Für eine separate weiße PET-Fraktion fehlen derzeit nach Aussage von Marktbeteiligten noch die relevanten Mengen. Status quo für das Referenzjahr der Studie ist somit die energetische Verwertung aller PET-Flaschen, die über den Wertstoffkreislauf gesammelt werden¹.

Auf die leeren PET-Flaschen aufgedrehte Kunststoffverschlüsse werden gemeinsam mit den PET-Flaschen energetisch verwertet.

Im Rahmen der Bilanzierung wird angenommen, dass 30 % aller Verschlüsse lose (also nicht mit dem P-Körper verbunden) entsorgt werden. Die rechnerische Erfassungsquote dieser Verschlüsse liegt bei Kunststoffverschlüssen aus PE bei 50,8 %, bei Kunststoffverschlüssen aus PP bei 51,9 %. Lose entsorgte Verschlüsse von Mehrwegflaschen werden ebenfalls über die Wertstoffsammlung erfasst. Für Verschlüsse aus Aluminium beträgt die Erfassungsquote 97,7 %, für Verschlüsse aus Weißblech 86,3 %. Für die erfassten Kunststoffverschlüsse wird angenommen, dass diese in einem sortenreinen Kunststoffstrom zu Regranulaten aufbereitet werden, die Verschlüsse aus Aluminium werden dem Aluminium-Recycling zugeführt und die Weißblechverschlüsse ins Stahlwerk verbracht. Die Sortierreste werden – ebenso wie die nicht erfassten Verschlüsse im Restabfallstrom – energetisch verwertet.

Entsorgungswege loser Verschlüsse

Kunststofffolien und Wellpappetrays als Sekundärverpackung fallen – im Gegensatz zu den Getränkesegmenten Wasser und Erfrischungsgetränke – nicht zwangsläufig beim Verbraucher an, sondern zu einem großen Teil auch im POS, da der Verkauf von Säften und Nektaren sowie H-Milch und Frischmilch in den großen Einheiten eher unüblich ist. Für Kunststofffolien wird gemäß der Datengrundlage (UBA 58/2018) eine Erfassungsquote von 49,3 % errechnet, die erfassten Folien werden dem Folienrecycling zugeführt (da > DIN A4). Produkte innerhalb der PPK Fraktion (Wellpappetrays und Kartonzwischenlagen) werden nahezu vollständig erfasst.

Entsorgungswege der Um- und Transportverpackungen

Bei den Mehrwegprodukten ist die Entsorgungssituation eher von untergeordneter Rolle. Der Anfall von Abfällen aus Mehrwegprodukten wird in der Bilanz durch die Umlaufzahl

Verwertungswege von Mehrwegprodukten

¹ Eine entsprechende Sensitivitätsanalyse zum Einfluss einer möglicherweise doch stattfindenden PET-Verwertung wird durchgeführt, vgl. Kap. 4.8 sowie Kap. 7.3.4.

bestimmt. Für Primärpackmittel wird grundsätzlich ein externer Verlust von 1 % unterstellt, der mit der Restabfallfraktion entsorgt wird. Die restlichen Verluste fallen dann bei den Abfüllern in Form des internen Verlustes an. Die dort zu entsorgenden Packmittel werden sortenrein einer werkstofflichen Verwertung zugeführt (im Falle dieser Studie der Glasverwertung). Für Mehrwegpackmittel als Sekundär- und Transportverpackung fällt kein externer, sondern nur der interne Verlust an, der sich aus dem Kehrwert der Umlaufzahl berechnet. Für Packstoffe aus Kunststoff wird dann eine sortenreine Verwertung angenommen, Packstoffe aus Holz (Paletten) werden lediglich zu 26 % werkstofflich verwertet – eine Zahl, die sich aus der ausgewerteten Literatur (UBA 58/2018) ergibt.

4.5.4 Einschätzung der Datenqualität

Die Entsorgungswege wurden anhand von Literaturdaten zur Entsorgungssituation in Deutschland abgeleitet. Nicht alle der verwendeten Datengrundlagen erfüllen die hohen Anforderungen an die Aktualität der Daten (so ist bspw. die Datenquelle zur Ableitung der Sortiertiefen älter als 10 Jahre). Zudem muss bei der Interpretation der Daten berücksichtigt werden, dass die abgeleiteten Quoten die mittlere marktübergreifende Verwertungssituation der jeweiligen Verpackungssysteme in Deutschland beschreiben, nicht aber die Differenzierungsebene des Getränkesegments und erst recht nicht die Differenzierungsebene Füllgröße bedienen können.

In der Realität sicherlich identifizierbare Unterschiede hinsichtlich der Verwertung entleerter Saftverpackungen im Vergleich mit Milchverpackungen sind daher auf Basis der Daten nicht abbildbar. Auch nicht empirisch identifizierbar ist der Unterschied in der Verwertungssituation von klein- und großvolumigen Verpackungen. Da Konsumsituation, Verpackungsgröße und Entsorgungsverhalten jedoch oftmals Hand in Hand gehen, muss diesem Aspekt eine gesonderte Aufmerksamkeit gewidmet werden. Kleinvolumige Verpackungen werden oft außer Haus verzehrt und gelangen daher überdurchschnittlich oft nicht in die vorgesehene Verwertungsroute, sondern werden in kommunalen Abfallbehältern entsorgt oder verlitert. Großvolumige Verpackungen hingegen dienen meist der Vorratshaltung und werden tendenziell eher in die dafür vorgesehenen Verwertungs- und Erfassungssysteme (Wertstoffsammlung oder Pfandrückgabe) abgegeben.

Da die hier vorliegende Studie ausschließlich die deutlich marktbedeutenderen großvolumigen Verpackungen untersucht (80 % Marktanteil bei GVK, 70 % Marktanteil bei PET EW), die innerhalb der untersuchten Getränkesegmente primär für die Vorratshaltung und den Konsum zu Hause verwendet werden, ist davon auszugehen, dass die Quote der Verpackungen, die nicht zur Verwertung erfasst werden, prinzipiell überschätzt ist. Da eine höhere Erfassungsquote primär die ökobilanziellen Ergebnisse der Einweggebinde verbessern würde, können die im Rahmen dieser Studie abgeleiteten Verwertungsquoten als konservativ im Sinne des Vergleichs mit den Mehrwegverpackungen interpretiert werden. Einer Verwendung für die Ökobilanz steht daher fachlich nichts entgegen, solange die Einschränkungen im Rahmen der Auswertung bedacht werden.

5 Dokumentation der verwendeten Datensätze

Im Sinne einer Sachbilanz werden in diesem Kapitel die wesentlichen in der Studie verwendeten Daten aufgelistet und kurz beschrieben. Die nachfolgende Tabelle 5.1 gibt einen Überblick über die verwendeten Datensätze, die Kapitel 5.1 bis 5.4 dokumentieren detailliertere Informationen, die eine Bewertung der Datensätze ermöglichen.

Tabelle 5.1: Übersicht der in dieser Studie verwendeten Inventardatensätze

Material / Prozessschritt	Quelle	Referenzzeitraum
Rohmaterialien		
PP	Plastics Europe, veröffentlicht online im April 2014	2011
HDPE	Plastics Europe, veröffentlicht online im April 2014	2011
LDPE	Plastics Europe, veröffentlicht online im April 2014	2011
PET	Plastics Europe, veröffentlicht online im Juni 2017	2015
PA6	Plastics Europe, zuletzt veröffentlicht online in 2005	1999
Titanium dioxide	Ecoinvent V.3.4	2017
Carbon Black	Ecoinvent V.3.4	2011-2015
Weißblech	(APEAL 2015)	2012/2013
Aluminium	Aluminiumbarren: EAA Environmental Profile report 2018 (EAA 2018)	2018
	Aluminiumfolie: EAA Environmental Profile report 2018 (EAA 2013)	2010
Wellpappe	(FEFCO 2015)	2014
Liquid packaging board	ifeu Daten, erhoben über ACE (ACE 2012)	2009
Herstellung der Verpackungen		
Herstellung GVK	Primärdatenerhebung bei den FKN Häusern	2015/16
Herstellung Glasflaschen	UBA 2000 (Behälterglas); Update der Energievorketten auf 2015//16	2000/2015-16
Produktion der PET EW Flaschen	Primärdatenerhebung bei versch. Preformproduzenten und Abfüllern (für die Streckblasprozesse)	2010 bis 2015
Abfüllung		

Material / Prozessschritt	Quelle	Referenzzeitraum
Abfüllung GVK	ifeu Daten, basierend auf Daten von Tetra Pak, SIG Com-bibloc und verschiedenen Abfüllern	2015/16
Abfüllung PET EW	ifeu Daten, basierend auf Primärdatenerhebungen bei versch. Abfüllern	2010 bis 2015
Abfüllung Glas MW	ifeu Daten, basierend auf Primärdatenerhebungen bei versch. Abfüllern	2005 bis 2010
Verwertung		
Getränkekartonrecycling	Primärdatenerhebung bei versch. Recyclern	2015/16
Recycling von PET-Flaschen	Primärdatenerhebung bei versch. Recyclern	2009
Recycling von Glasflaschen	ifeu Daten, basierend auf (FEVE 2006)	2004/2005
Energetische Verwertung MVA	ifeu Daten, basierend auf Statistiken und MVA Modellen	2008
Hintergrunddaten		
Netzstrom Deutschland und EU	ifeu Daten, basierend auf Statistiken und Kraftwerksmodellen	2015
LKW-Transporte	ifeu Daten, basierend auf Statistiken und MVA Modellen, Emissionsfaktoren basierend auf HBEFA 3.3 (INFRAS 2017).	2016
Bahntransporte	(EcoTransIT 2016)	2016
Seeschiff	(EcoTransIT 2016)	2016

5.1 Herstellung der Rohmaterialien

5.1.1 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 2014a). 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.

5.1.2 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 2014b).

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.

5.1.3 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 2014b).

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.

5.1.4 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.

5.1.5 Polyamid (PA 6)

Polyamid 6 wird aus den Ausgangssubstanzen Benzen und Hydroxylamin hergestellt. In der hier vorgestellten Ökobilanzstudie wird das von PlasticsEurope für dieses Material veröffentlichte Ökoprofil verwendet (letzte Aktualisierung der Datenberechnung im März 2005) (PlasticsEurope 2005d). Referenzjahr des Datensatzes ist jedoch 1999, so dass der Datensatz im Rahmen der Bilanzierung nicht nutzbar ist. PlasticsEurope hat einen neueren Da-

tensatz publiziert, in dem Ammoniumsulfat jedoch als Nebenprodukt des PA6-Produktionsprozesses des PA6-Vorprodukts Caprolactam gesehen wird. Daher werden die Auswirkungen der Caprolactam-Produktion zwischen Caprolactam und Ammoniumsulfat aufgeteilt. Aus Sicht der Autoren ist dieser Ansatz nicht konsistent mit den anderen in dieser Studie verwendeten Datensätzen für Kunststoffe. Leider ist kein Datensatz verfügbar, der einen anderen Ansatz als den Substitutionsansatz anwendet.

Außer PA 6 wird auch MXD 6 als Zusatzstoff in Kunststoffflaschen eingesetzt, um die erwünschte Barrierefunktion zu erzielen. Bei MXD 6 handelt es sich um ein Polyamid, das PA 6 sehr ähnlich ist. Es wird von Mitsubishi Gas Chemical America hergestellt, ein Inventardatensatz für die Produktion ist nicht erhältlich. Da nach Kenntnisstand der Autoren die Unterschiede in den Herstellungsprozessen von MXD 6 und PA 6 für den Zweck dieser Studie vernachlässigbar sind und zudem nicht genau feststellbar war, in welchen Flaschen welcher der beiden Stoffe verwendet wurde, wurden die entsprechenden Szenarien so modelliert, als komme (ausschließlich) PA 6 als Barrierematerial zum Einsatz.

5.1.6 Rohmaterial-Herstellung Aluminiumbarren, -bänder, -folie

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).

Der Datensatz für Aluminiumfolie (5–200 µm) basiert auf Daten, die die EAA zusammen mit der EAFA für das Jahr 2010 für die Herstellung von Halbzeugen aus Aluminium erstellt hat. Bei Aluminiumfolien entspricht dies 51 % der Gesamtproduktion in Europa (EU27 + EFTA-Länder). Es wird angenommen, dass Aluminiumfolie für die in dieser Studie untersuchten Verpackungen in Europa bezogen wird. Gemäß der EAA (EAA 2015) wird die Folienerzeugung mit 57 % der Produktion durch Bandgießtechnologie und 43 % mit der klassischen Produktion modelliert. Der Datensatz berücksichtigt die spezifischen Stromvorketten der einzelnen Produktionsstandorte und keinen europäischen Durchschnittsstrommix.

5.1.7 Herstellung von Weißblech

Die Daten zur Herstellung von Weißblech beziehen sich auf das Jahr 2012 und werden von APEAL (APEAL 2015) veröffentlicht. Der Datensatz basiert auf gewichteten durchschnittlichen standortspezifischen Daten (Gate-to-Gate) der europäischen Stahlproduzenten, während der in den Daten enthaltene Stromnetzmix länderspezifisch ist. Laut APEAL repräsentiert der Datensatz etwa 95 % des jährlichen europäischen Liefer- oder Produktionsvolumens.

5.1.8 Herstellung von Rohkarton für Getränkekartons

Zur Modellierung der Herstellung von Rohkarton (LPB) für Getränkekartons wurde auf Daten von nordeuropäischen Produzenten zurückgegriffen. Diese Daten umfassen vier verschiedene Produktionsstandorte, in welchen über 95 % des in Europa verwendeten LPBs produziert werden, und beziehen sich auf das Jahr 2009.

Die verwendeten Daten beinhalten alle Prozessschritte inklusive der Pulpproduktion, des Bleichens und der Kartonherstellung. Diese Daten sind mit Datensätzen für Prozesschemikalien der EcoInvent-Datenbank verknüpft. Weiterhin erlaubt ein Forstmodul die Berechnung von Inventaren speziell für dieses Subsystem. Der Energiebedarf wird zum Teil mit Netzstrom gedeckt sowie überwiegend anlagenintern durch Verbrennung von Holz- und Rindenresten. Die spezifischen Energiequellen wurden im Einzelnen berücksichtigt.

5.1.9 Herstellung von Wellpappe und Karton-Trays

Für die Herstellung von Verpackungen aus Wellpappe wurden in der vorliegenden Ökobilanz die 2015 von FEFCO veröffentlichten Datensätze verwendet (FEFCO 2015). Insbesondere wurden Datensätze für die Herstellung von „Kraftlinern“ (überwiegend auf Primärfaserbasis), „Testlinern“ und „Wellenstoff“ (beide auf Altpapierbasis) sowie für Verpackungen aus Wellpappe verwendet. Die Datensätze liefern gewichtete Mittelwerte der in der Datenerhebung durch FEFCO erfassten europäischen Standorte und beziehen sich auf die Produktion im Jahr 2014. Es wird angenommen, dass alle Wellpappen- und Pappkartons aus europäischer Produktion stammen.

Um die Stabilität zu gewährleisten, wird häufig ein Bruchteil frischer Fasern für die Wellpappenschalen verwendet. Laut (FEFCO 2015) beträgt dieser Anteil in Europa durchschnittlich 12 %. Aufgrund fehlender spezifischer Informationen wurde diese Aufteilung auch für die vorliegende Studie verwendet.

5.1.10 Herstellung von Titan-Dioxid

Titandioxid (TiO_2) kann durch verschiedene Verfahren hergestellt werden. Die zwei häufigsten sind das Chloridverfahren und das Sulfatverfahren. Für den Chloridprozess wird das Roherz mit Kohlenstoff reduziert und mit Chlor oxidiert. Nach der Destillation des entstandenen Tetrachlorids wird es reoxidiert, um reines Titandioxid zu erhalten. Im alternativen Sulfatverfahren wird das TiO_2 durch Hydrolyse aus Ilmenit, einem Titan-Eisenoxid, gewonnen, das zu einer Co-Produktion von Schwefelsäure führt. Die in dieser Studie verwendeten Daten stammen aus der ecoinvent-Datenbank. 3.4. Die Daten beziehen sich auf die Jahre 1997–2017 und sind repräsentativ für Europa.

5.1.11 Herstellung von Carbon Black

Carbon Black (Ruß) wird meistens durch ein Ölofenverfahren hergestellt, was ein Teilverbrennungsverfahren von flüssigen aromatischen Restkohlenwasserstoffen ist (Ecoinvent 3.4, Voll & Kleinschmitt 2010, Dannenberg & Paquin 2000). Die in dieser Studie verwendeten Daten basieren auf der ecoinvent-3.4-Datenbank.

5.2 Produktion der Packmittel

5.2.1 Herstellung der Getränkekartons

Daten zur Herstellung des Verbundkartons wurden auf Basis des europäischen Durchschnitt-Datensatzes der Getränkekartonindustrie modelliert und für die deutsche Situation

angepasst. Zur Erstellung dieses Datensatzes wurden Daten bei den drei Herstellerfirmen Elopak, SIG Combibloc und Tetra Pak erhoben. Dieser Prozess, auch Converting genannt, umfasst die Beschichtung des Rohkartons (LPB) mit LDPE und ggf. Aluminium sowie das Bedrucken, Zuschneiden und Verpacken des Verbundmaterials für den Transport zum Abfüller. Alle betrachteten Getränkekartons werden in Deutschland gefertigt und befüllt. Die als Transportverpackung benötigten Materialien (und ihr Transport) sind im Modell berücksichtigt.

5.2.2 Herstellung der Kunststoffflaschen

Die Herstellung von PET-Flaschen wird normalerweise in zwei verschiedene Prozesse aufgeteilt: die Herstellung von Vorformlingen aus PET-Granulat, einschließlich Trocknen des Granulats, und das Streckblasformen (SBM) der eigentlichen Flaschen. Während der Energieverbrauch der Preform-Produktion stark mit dem Preform-Gewicht korreliert, ist einer der Hauptfaktoren für den Energieverbrauch von SBM das Volumen der produzierten Flaschen. Die in der hier vorgestellten Studie verwendeten Prozessdaten beruhen auf der IFEU-internen Datenbank, welche regelmäßig aktualisiert wird. Dies geschieht u. a. mit direkt bei Flaschenherstellern erhobenen Daten. Der Referenzzeitraum ist 2005 bis 2015.

5.2.3 Herstellung von Glas und Glasflaschen

Die für die Herstellung von Hohlglas verwendeten Daten sind vom Bundesverband Glasindustrie e.V. (BV Glas) zusammengestellt worden und repräsentieren die deutsche Produktion von Lebensmittelbehälterglas im Jahr 2012. Aktuellere Zahlen konnten von BV Glas auch auf Nachfrage nicht bereitgestellt werden. Der Energieverbrauch und die Emissionen der Glasherstellung werden durch die Zusammensetzung des mineralischen Rohstoffgemenges und vor allem durch die Wannentechnologie sowie die in der Direktbefeuerung verwendeten fossilen Energieträger bestimmt.

Die angewandten Stromvorketten repräsentieren die Situation im Jahr 2012. Ein neuerer Datensatz für 2016 von FEVE (Bettens & Bagard 2016) wird wegen seines methodischen Ansatzes, Gas, Kohle und Erdöl auf dem Markt durch verkauften Wärmeüberschuss zu ersetzen, nicht angewendet. Diese Substitution folgt einem konsequenten LCA-Ansatz, während diese LCA als attributionelle LCA durchgeführt wird. Da die Gutschriften der Vertretung im FEVE-Datensatz zusammengefasst sind, konnten sie in dieser Studie nicht gesondert ausgewiesen werden. Ferner enthält der FEVE-Datensatz auch Non-Food-Behälterglas, was zu einer unterschiedlichen Ausfallsrate führt.

Der Eigen- und Fremdscherbenanteil bei der Herstellung von Weißglas liegt, wie auch in (UBA 2000) dargestellt, bei ca. 65 %.

5.2.4 Herstellung von Verschlüssen aus Kunststoff

Die Verschlüsse aus fossilen Polymeren und fossilem Polypropylen werden im Spritzgussverfahren hergestellt. Die Daten für die Produktion stammen aus der internen Datenbank des ifeu und basieren auf in Deutschland und anderen europäischen Ländern gemessenen Werten sowie auf Daten aus der Literatur. Die Prozessdaten wurden mit den erforderlichen Vorketten wie der Produktion von PE und Netzstrom des jeweiligen Herstellungslandes gekoppelt.

5.2.5 Herstellung von Verschlüssen aus Weißblech

Die in der vorliegenden Studie verwendeten Daten zur Weißblechherstellung wurden vom Informationszentrum Weißblech e.V. bereitgestellt. Sie beziehen sich auf eine Produktion in Deutschland und basieren auf den Jahren 2002/2003.

Beginnend mit der Eisenerzgewinnung, enthält der Datensatz für die Gusseisenproduktion folgende Prozessschritte:

- Kokerei
- Hochofen

Die Herstellung von Stahlblech beinhaltet die Prozessschritte:

- Stahlwerk mit Konverter zur Abscheidung von Kohlenstoff aus dem Stahl
- Stranggussanlage
- Warmwalzwerk
- Kaltwalzwerk
- Zinn-Tauchlackierung

In der Vorkette der Stahlherstellung wurden der Abbau von Kalkstein und Kohle, die Eisenerzgewinnung und das Sintern des Eisenerzes berücksichtigt. Im vorliegenden Modell sind weiterhin die Vorketten der Zinnproduktion inklusive der Erzgewinnung enthalten.

5.2.6 Herstellung von Verschlüssen aus Aluminium

Innerhalb der betrachteten Verpackungssysteme wird für die Glas-Mehrwegsysteme zum Teil Aluminium in Form von Aluminiumbändern (Stärkebereich: 20μ–200μ) zur Herstellung von Anrollverschlüssen eingesetzt.

Der Datensatz zur Herstellung des Aluminium-Anrollverschlusses 28 mm entstammt der Datensammlung einer im Dezember 1996 veröffentlichten Ökobilanz des Öko-Instituts e.V. Freiburg. Der Datensatz wurde im Jahre 1992 vom Verband Metallverpackungen e.V. Düsseldorf in der Arbeitsgruppe Ökobilanzen für Metallverpackungen erstellt. Nach internen Rückfragen des Verbandes bei den deutschen Verschlussherstellern hatten die Daten auch 1998 noch ihre Gültigkeit. Die fehlenden Daten zu den produktionsbedingten Abfallmengen wurden vom größten deutschen Hersteller (Crown Bender GmbH, Frankenthal) im Oktober 1998 ergänzt. Der Prozessdatensatz wurde mit einem aktuellen Netzstromdatensatz kombiniert.

5.3 Prozesse bei der Verwertung der Packmittel

5.3.1 Verwertung von Getränkekartons

Getränkekartons werden üblicherweise positiv in eine spezielle Getränkekarton-Fraktion sortiert, welche daraufhin zur Faserrückgewinnung in eine Papierrecycling-Anlage geschickt werden. Das faserförmige Sekundärmaterial wird beispielsweise als Rohstoff für die

Herstellung von Karton/Pappe verwendet. Die übrigen Bestandteile, Kunststoffreste bzw. die so genannten *rejects* (Plastik-/Aluminium-Verbund) werden als Brennstoff in Zementwerken ebenfalls verwertet. Die in der hier vorgestellten Studie verwendeten Prozessdaten zu diesen Verwertungs- und Entsorgungsschritten beruhen auf einer Primärdatenerhebung im Rahmen der Studie und repräsentieren das Jahr 2015/16.

Für die Allokation von Gutschriften für in der Verwertung erzielbare Koppelprodukte werden Substitutionsfaktoren verwendet. Diese Substitutionsfaktoren drücken die Massenrelation aus zwischen einem (rezyklierten) Sekundärmaterial und dem Primärmaterial, das es in einem neuen Produkt ersetzt. Ein Substitutionsfaktor von 0,8 (bzw. 80 %) besagt, dass 1 kg eines bestimmten Materials bei der Wiederverwertung (als Sekundärmaterial) 0,8 kg Primärmaterial ersetzt – und somit eine entsprechende Gutschrift bekommt. Ein Substitutionsfaktor < 1 deutet auf ein so genanntes *Downcycling* hin: durch die Rückgewinnung oder Wiederverwertung nach einer (Erst-)Nutzung verliert das Material häufig einen Teil seiner ursprünglichen Qualität(en).

Die in dieser Ökobilanz verwendeten Substitutionsfaktoren, mit denen die Gutschriften für Materialwiederverwertung berechnet wurden, beruhen auf Schätzungen von Experten der entsprechenden Industriezweige sowie auf Information aus früheren IFEU-Studien:

- Papierfasern
 - aus Rohkarton von Getränkekartons: 0,9
 - aus Karton-Trays (Sekundärverpackung): 0,9
- LDPE aus Folien: 0,94
- Aluminiumoxid als Endprodukt nach Zementofen: 0,99

5.3.2 Verwertung von PET-Flaschen

Innerhalb der Basisszenarien in dieser Studie werden PET-Einwegflaschen nicht werkstofflich, sondern zu 100 % energetisch verwertet. Lediglich im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse findet ein PET-Recycling statt. Für die Bilanzierung des PET-Recyclings kommen Daten zur Anwendung, die durch das ifeu bei verschiedenen deutschen und europäischen PET-Recyclern erhoben wurden. Die Daten bilden die Jahre 2008 bis 2015 ab.

5.3.3 Verwertung von Glas-Mehrwegflaschen

Das Glas der gesammelten Glasflaschen wird geschreddert und dient in Form von Fremdscherben als Input für die Glasproduktion. Der Anteil der externen Scherben wird mit 64 % für Weißglas modelliert. Die Daten, die in der aktuellen Studie verwendet wurden, stammen aus der internen Datenbank des ifeu. Darüber hinaus werden Informationen von der „European Container Glass Federation“ (FEVE 2006) verarbeitet. Der Bezugszeitraum ist 2012. Die Prozessdaten sind mit den erforderlichen Vorketten und dem marktbezogenen Stromnetzmix gekoppelt.

5.3.4 Energetische Verwertung

Eine energetische Verwertung kann entweder über den Pfad der Müllverbrennung oder in Form der Abfall(mit)verbrennung im Zementwerk stattfinden. Im Rahmen der Modellierung werden alle Verpackungen, die nicht über die Erfassungsquote erfasst werden, in der MVA energetisch verwertet; alle übrigen Verpackungen, die zwar erfasst, aber nicht recycelt werden, gelangen zur energetischen Verwertung in ein Zementwerk. Die Prozesstechnik ist grundsätzlich gleich, es bestehen jedoch Unterschiede hinsichtlich der Wirkungsgrade und der substituierten Produkte.

So wird die im Rahmen der Abfallverbrennung freigesetzte Energie im Rahmen des MVA-Prozesses zu Strom und Wärme aufbereitet (die Strom- und Wärmerückgewinnung der Müllverbrennungsanlagen wird mit deutschen Durchschnittsquoten gerechnet. Laut (ITAD 2002) werden 11 % des Energiegehalts der verbrannten Abfälle als Strom und 30 % als Wärme zurückgewonnen). Im Zementwerk wird nur die Prozesswärme mit einem entsprechend höheren Wirkungsgrad genutzt.

Die ausgekoppelte Energie der MVA wird im Rahmen der Modellierung mit deutschem Netzstrom bzw. einem deutschen Wärmemix gutgeschrieben. Innerhalb des Prozessmoduls Zementwerk wird Zementklinker produziert, der dann mit konventionell erzeugtem Zementklinker (Energiebereitstellung durch Kohleverbrennung) gutgeschrieben wird.

Der für die Bilanzierung verwendete MVA-Prozess beschreibt die Verbrennung von Hausmüll bzw. Hausmüll-ähnlichen 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). Die Rauchgasreinigungsanlage ist so konzipiert, dass einerseits eine hocheffiziente Schadstoffabreinigung gewährleistet und andererseits dabei differenzierte und damit weitgehend verwertbare Abfallströme erzeugt werden. Darüber hinaus dient die Anlage einer möglichst optimierten Wärmenutzung. Der Hauptemissionspfad ist folglich die Abgasfreisetzung über den Schornstein, Nebenstoffströme bestehen in den Verbrennungsrückständen und Rauchgasreinigungsprodukten. Die Anlage arbeitet ohne Prozessabwasser. Die Verbrennung im Rahmen des Zementwerks basiert auf der gleichen Datengrundlage, jedoch mit entsprechend erhöhten Wirkungsgraden.

Tabelle 5.2: Heizwert und C-Gehalt unterschiedlicher primärer und sekundärer Energieträger

	Braunkohle	Steinkohle	Gas	Öl	PET	PE	Karton
Heizwert in MJ/kg	8,8	27,6	40,5	40,0	23,0	42,5	17,7
C-Gehalt in g/kg	570	682	877	869	554	822	479

Basis der Bilanzierung sind dem ifeu vorliegende Betriebsdaten verschiedener neuer Anlagen. Überall dort, wo Kunststoffe oder Papier/Karton verbrannt werden (MVA, Zementwerk, Hochofen), 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 (vgl. Tab. 5.2).

5.4 Hintergrunddaten

5.4.1 LKW Transporte

Der verwendete Datensatz basiert auf Standard-Emissionsdaten, die für die österreichischen, deutschen, französischen, norwegischen, schwedischen und schweizerischen Umweltbehörden im „Handbuch der Emissionsfaktoren“ (INFRAS 2017) zusammengestellt, validiert, extrapoliert und bewertet wurden. Das „Handbuch“ ist eine Datenbankanwendung, die sich auf das Jahr 2017 bezieht und als Ergebnis den auf die Transportentfernung bezogenen Kraftstoffverbrauch und die nach Lastkraftwagengrößen und Straßenkategorien differenzierten Emissionen angibt. Die Daten basieren auf durchschnittlichen Flottenzusammensetzungen innerhalb mehrerer LKW-Größenklassen. Die in dieser Studie verwendeten Emissionsfaktoren beziehen sich auf das Jahr 2016.

Basierend auf den oben genannten Parametern – LKW-Größenklasse und Straßenkategorie – wurden der Kraftstoffverbrauch und die Emissionen in Abhängigkeit von der Transportlast und der Entfernung bestimmt. Überall dort, wo eine Kühlung während des Transports erforderlich ist, wird der zusätzliche Kraftstoffverbrauch entsprechend den Daten der ifeu-internen Datenbank modelliert.

5.4.2 Verwendeter Strommix

Die Strombereitstellung für Prozesse, die innerhalb des deutschen Bezugsraums angesiedelt sind, wurde mit dem deutschen Mix an Energieträgern bilanziert. Vorprodukte, deren Herstellung auch im Ausland erfolgt, wurden mit dem entsprechenden nationalen Energieträger-Mix berechnet, sofern das Aggregationsniveau der jeweiligen Datensätze eine separate Modellierung der Strombereitstellung ermöglichte.

Die länderspezifischen Strommixe werden aus einem Master-Netzwerk für die Modellierung des Netzstroms bezogen und jährlich vom ifeu aktualisiert, wie in (ifeu 2013) beschrieben. Es basiert auf nationalen Strommixdaten der Internationalen Energieagentur (IEA).

Die nachfolgende Abbildung zeigt den länderspezifischen Strommix für Deutschland im Jahr 2015 im Vergleich zum europäischen Strommix (EU28) im gleichen Bezugsjahr. Ergänzend werden einige Basisinformationen zur ökobilanziellen Umweltbewertung der unterschiedlichen Strommixe dargestellt.

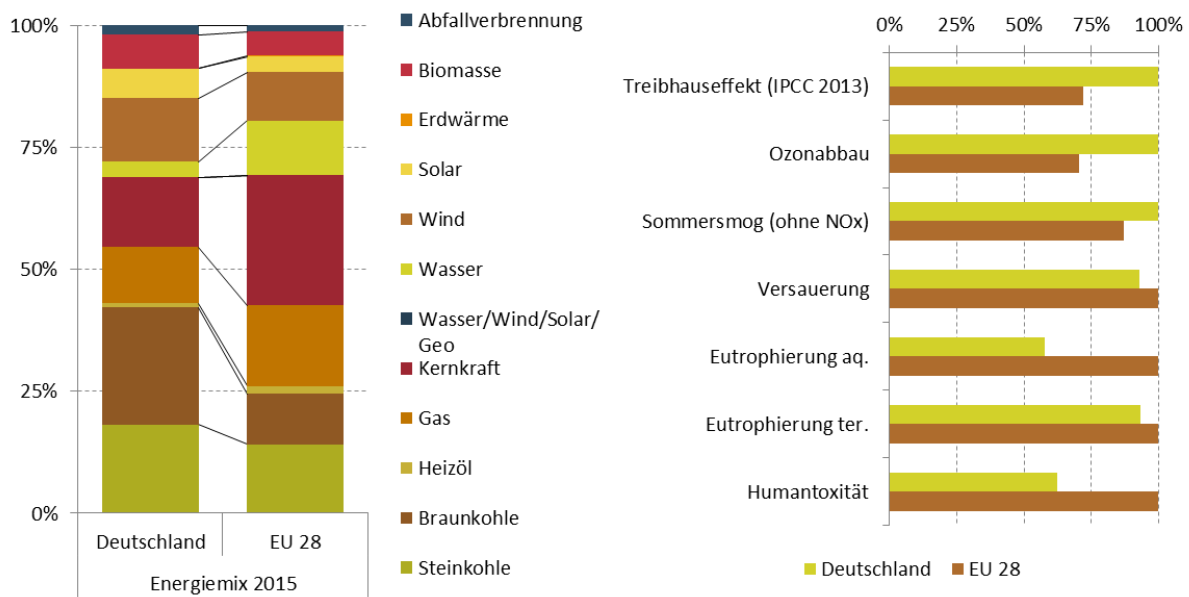


Abbildung 5.1: Energieversorgungsmixe in Deutschland und Europa (EU28) 2015 sowie einige indikative Umweltauswirkungen

6 Bilanzierte Szenarien

6.1 Basisszenarien

Die Abbildung der verschiedenen zu untersuchenden Verpackungssysteme erfolgt in Szenarien. Für jedes Verpackungssystem wird ein **Basisszenario** bilanziert, mit dem die jeweilige Situation im geographischen Bezugsraum Deutschland für 2015/ 2016 repräsentativ abgebildet wird.

Es werden im Rahmen der Studie die folgenden Basisszenarien bilanziert:

Basisszenarien

- Getränkesegment Säfte und Nektare
 - GVK 1,0 l mit einem Primärverpackungsgewicht von 34,96 g; mit einer mittleren Distributionsentfernung von 440 km; zur Erfassung über die Wertstoffsammlung (Sammelquote 88,8 %); mit einem Allokationsfaktor von 50 %
 - GVK 1,5 l mit einem Primärverpackungsgewicht von 44,43 g; mit einer mittleren Distributionsentfernung von 440 km; zur Erfassung über die Wertstoffsammlung (Sammelquote 88,8 %); Allokationsfaktor 50 %
 - PET EW 1,0 l Monolayer mit einem Primärverpackungsgewicht von 35,01 g; mit einer mittleren Distributionsentfernung von 466 km; zur Erfassung über die Wertstoffsammlung (Sammelquote 50,9 %); mit einem Allokationsfaktor von 50 %
 - PET EW 1,0 l Multilayer mit einem Primärverpackungsgewicht von 38,94 g; mit einer mittleren Distributionsentfernung von 459 km; zur Erfassung über die Wertstoffsammlung (Sammelquote 50,9 %); mit einem Allokationsfaktor von 50 %
 - PET-EW 1,5 l Monolayer mit einem Primärverpackungsgewicht von 37,32 g; mit einer mittleren Distributionsentfernung von 466 km; zur Erfassung über die Wertstoffsammlung (Sammelquote 50,9 %); mit einem Allokationsfaktor von 50 %
 - Glas MW 1,0 l mit einem Primärverpackungsgewicht von 603,32 g; mit einer mittleren Distributionsentfernung von 623 km; mit einer Umlaufhäufigkeit von 27; mit einem Allokationsfaktor von 50 %
- Getränkesegment H-Milch
 - GVK 1,0 l mit einem Primärverpackungsgewicht von 30,69 g; mit einer mittleren Distributionsentfernung von 392 km; zur Erfassung über die Wertstoffsammlung (Sammelquote 88,8 %); mit einem Allokationsfaktor von 50 %
 - PET EW 1,0 l mit einem Primärverpackungsgewicht von 34,99 g; mit einer mittleren Distributionsentfernung von 631 km; zur Erfassung über die Wertstoffsammlung (Sammelquote 50,9 %); mit einem Allokationsfaktor von 50 %
- Getränkesegment Frischmilch

- GVK 1,0 l mit einem Primärverpackungsgewicht von 29,25 g; mit einer mittleren Distributionsentfernung von 419 km; zur Erfassung über die Wertstoffsammlung (Sammelquote 88,8 %); mit einem Allokationsfaktor von 50 %
- PET EW 1,0 l mit einem Primärverpackungsgewicht von 37,21 g; mit einer mittleren Distributionsentfernung von 606 km; zur Erfassung über die Wertstoffsammlung (Sammelquote 50,9 %); mit einem Allokationsfaktor von 50 %
- Glas MW 1,0 l mit einem Primärverpackungsgewicht von 403,21 g; mit einer mittleren Distributionsentfernung von 721 km; mit einer Umlaufhäufigkeit von 10; mit einem Allokationsfaktor von 50 %

Alle Basisszenarien werden mit dem Allokationsfaktor 50 und dem Allokationsfaktor 100 bilanziert und gleichrangig nebeneinandergestellt, da sie unterschiedliche Erkenntnisebenen adressieren (AF 50 politischer Kontext VerpackG, AF 100 vollständig geschlossene Kohlenstoffbilanz). Im Rahmen der Auswertung ist beachten, dass eventuell formulierte Ergebnisaussagen und Schlussfolgerungen durch die Bilanzergebnisse beider Allokationsverfahren gedeckt sein müssen.

Die Ergebnisse der Basisszenarien werden grafisch aufbereitet und im Rahmen von Kapitel 7.2.1 „Ergebnisse der Basisszenarien“ dokumentiert und beschreiben.

6.2 Sensitivitätsanalysen und Varianten

Ergänzend zu den Basisszenarien werden **Sensitivitätsanalysen** durchgeführt und **Varianten** geprüft. Dabei werden unterschieden:

- Sensitivitätsanalysen mit dem Ziel, die Ergebnisrelevanz von **Datensätzen** und **Annahmen innerhalb der Modellierung** in den Basisszenarien zu überprüfen
- Varianten aus **eigenen Erwägungen** der Auftraggeber oder Autoren zur Abbildung eines erweiterten Erkenntnisinteresses.

Es werden im Rahmen der Studie die folgenden Sensitivitätsanalysen durchgeführt und Varianten geprüft: **Sensitivitätsanalysen**

- Alle Basisszenarien unter den Bedingungen der getränkesegmentspezifischen Distribution (verbindliche Sensitivität gemäß den Mindestanforderungen zur Überprüfung einer Modellierungsannahme)
 - GS Säfte und Nektare: EW: 472 km, MW: 668 km
 - GS H-Milch: EW: 398 km
 - GS Frischmilch: EW: 429 km, MW: 654 km
- Alle PET-EW-Gebinde im GS Säfte und Nektare ohne PA-Anteil (verbindliche Sensitivität gemäß den Mindestanforderungen zur Überprüfung eines Datensatzes ohne Berücksichtigung eventueller Beeinträchtigung der Funktionalität der Verpackung)
- Glas MW 1,0 l im GS Säfte und Nektare mit einer abweichenden Umlaufzahl von 22 (verbindliche Sensitivität gemäß den Mindestanforderungen zur Überprüfung einer Modellierungsannahme)

- Glas MW 1,0 l im GS Frischmilch mit einer abweichenden Umlaufzahl von 20 (verbindliche Sensitivität gemäß den Mindestanforderungen zur Überprüfung einer Modellierungsannahme)
- Generische PET EW 1,0 l im GS Säfte und Nektare unter den Randbedingungen des Einwegpfandes (Erfassungsquote 97,3 %, Rezyklatgehalt im Flaschenkörper 28,5 %) (Sensitivitätsanalysen aus eigenen Erwägungen der Auftraggeber oder Autoren der Studie zur Abbildung eines erweiterten Erkenntnisinteresses) **Varianten**
- Generische PET EW 1,5 l im GS Säfte und Nektare unter den Randbedingungen des Einwegpfandes (Erfassungsquote 97,3 %, Rezyklatgehalt im Flaschenkörper 28,5 %) (Sensitivitätsanalysen aus eigenen Erwägungen der Auftraggeber oder Autoren der Studie zur Abbildung eines erweiterten Erkenntnisinteresses)
- Generische gewichtsreduzierte PET EW 1,0 l im GS Säfte und Nektare unter den Randbedingungen des Einwegpfandes (Erfassungsquote 97,3 %, Rezyklatgehalt im Flaschenkörper 28,5 %) (Sensitivitätsanalysen aus eigenen Erwägungen der Auftraggeber oder Autoren der Studie zur Abbildung eines erweiterten Erkenntnisinteresses)
- Generische gewichtsreduzierte PET EW 1,5 l im GS Säfte und Nektare unter den Randbedingungen des Einwegpfandes (Erfassungsquote 97,3 %, Rezyklatgehalt im Flaschenkörper 28,5 %) (Sensitivitätsanalysen aus eigenen Erwägungen der Auftraggeber oder Autoren der Studie zur Abbildung eines erweiterten Erkenntnisinteresses)

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen und Varianten werden in Kapitel 7.2.3 „Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen“ dokumentiert und im Rahmen der Auswertung (Kapitel 8) hinsichtlich möglicher Relevanz für die Interpretation (Kapitel 9) diskutiert.

7 Ergebnisse der Bilanzierung

7.1 Referenzfluss

Im Kapitel 2.5 und 4.1 wurden die Methodik zur Auswahl der Verpackungssysteme sowie die Systeme selbst ausführlich beschrieben. Im Folgenden werden nun die Massen und Materialspezifikationen aller Komponenten der Primär-, Sekundär- und Tertiärverpackung bezogen auf die funktionelle Einheit von 1000 Litern dargestellt (vgl. Kap. 3.1). Dabei sind zwei Darstellungsformen zu unterscheiden:

- Darstellung des Referenzflusses an Verpackungsmaterial, wie er für die Distribution von 1.000 Litern Getränk benötigt wird. Die Größe ist wesentlich für die Bestimmung des Verhältnisses zwischen Verpackung und Füllgut im Lebenswegabschnitt Distribution.
- Darstellung des Materialinputs in die Systeme. Dafür werden die absoluten Zahlen des Referenzflusses an Verpackungsmaterial mit den Umlaufzahlen der Mehrwegpackmittel in Relation gesetzt. Dadurch entsteht der tatsächliche für die Bilanzierung notwendige Materialfluss. Anhand dieses Referenzflusses werden dann die Aufwendungen für die Herstellung, Verarbeitung und Entsorgung der Verpackungssysteme bilanziert.

Zwei verschiedene Referenzflüsse sind für die Bilanzierung notwendig

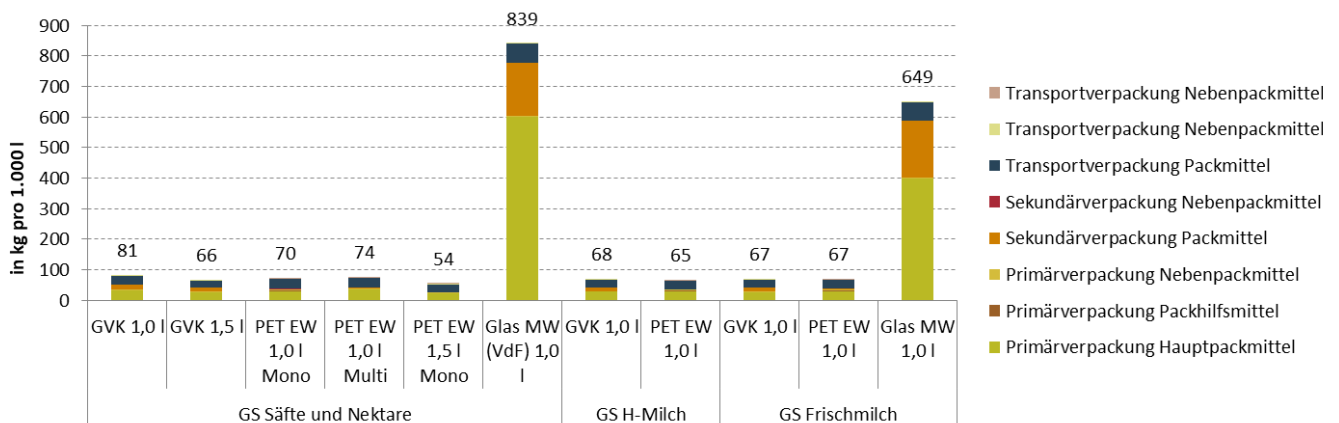


Abbildung 7.1: Referenzfluss an Verpackungsmaterial in den Systemen pro 1.000 Liter Füllgut

Die Abbildung 7.1 zeigt, dass die Bereitstellung von 1.000 Litern Getränk im Handel in Glas-Mehrwegsystemen ein deutlich höheres Verpackungsgewicht bedingt. Insbesondere das Gewicht der VdF-Glas-Mehrwegflaschen mit 600 g pro Flasche ist ein maßgeblicher Treiber.

Die rechnerische Berücksichtigung der Umlaufzahl verändert das Bild. Es wird deutlich, dass die hohen Verpackungsgewichte der Mehrwegkomponenten in der Summe nicht zu mehr Verpackungsaufkommen (im Sinne von Herstellung und Entsorgung) führen. Den höchsten spezifischen Materialbedarf für die Bereitstellung von 1.000 Litern Füllgut im Handel hat das System GVK 1,0 l im GS Säfte und Nektare.

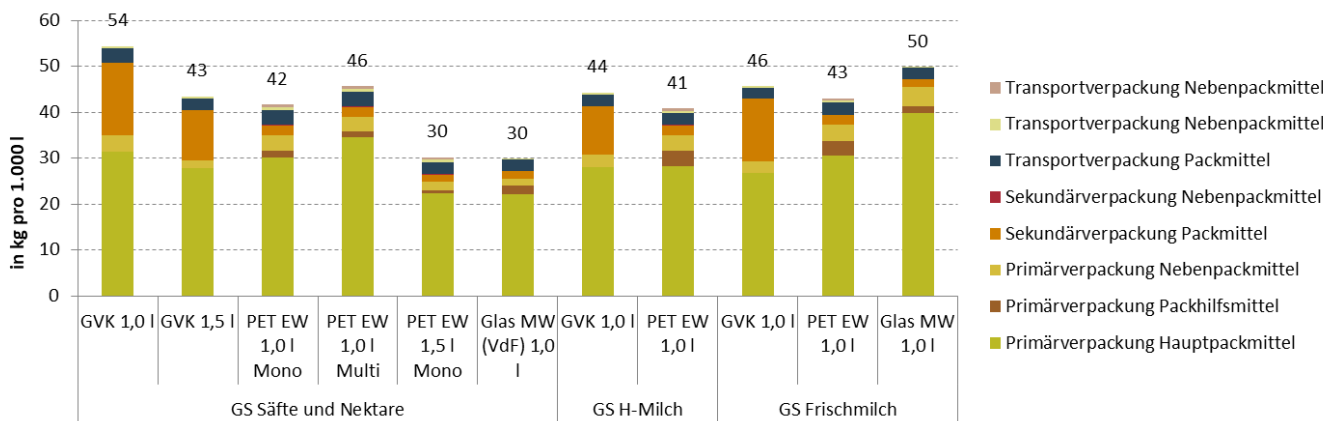


Abbildung 7.2: Referenzfluss an Verpackungsmaterial - Neueinspeisung in die Systeme pro 1.000 Liter Füllgut

Deutlich wird zudem, dass die Primärpackmittel den weitaus größten Teil des Referenzflusses bestimmen. Lediglich bei den GVK-Systemen spielt auch die Umverpackung aus Wellpappe eine signifikante Rolle (im Bereich um 20 % Anteil am Referenzfluss).

Die Darstellung und Diskussion um den Referenzfluss respektive Materialinput ist wichtig für das Verständnis der Ergebnisse der Wirkungsabschätzung ab Kapitel 7.2 und hilft somit auch bei der Auswertung und Interpretation der Ergebnisse. So lassen sich die Ergebnisse von Wirkungskategorien, die primär mit Umweltwirkungen der Rohmaterialproduktion in Verbindung gebracht werden, und Wirkungskategorien, die primär die Umweltwirkungen von Handlingprozessen (wie bspw. der Distribution) abbilden, in Abgleich mit den Ergebnissen des Referenzflusses plausibilisieren.

7.2 Ergebnisse der Wirkungsabschätzung

7.2.1 Ergebnisse der Basisszenarien

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Bilanzierung der Basisszenarien für die in Kapitel 3.7.1 definierten Wirkungskategorien sowie die Umweltbelastungspunkte (Deutschland) dokumentiert. Die ressourcen- und emissionsbezogenen Kategorien sowie die UBPs sind dabei grafisch abgesetzt. Die Dokumentation erfolgt in Form einer Tabelle mit numerischen Werten und Datenbalken. Die numerischen Werte dienen der Transparenz und der Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse, die Datenbalken ermöglichen eine leichtere visuelle Erfassung der Ergebnisse. Höhere numerische Ergebnisse sind als höherer Beitrag zu dem durch die Wirkungskategorie beschriebenen Umweltproblemfeld zu werten. Niedrige Ergebnisse sind somit positiv für den Vergleich zu werten. Die Darstellung fasst die Ergebnisse der drei untersuchten Getränke-segmente zusammen, so dass sich typische Muster für die untersuchten Verpackungssysteme erkennen lassen. Eine Auswertung und Interpretation der Ergebnisse muss aber gemäß den Mindestanforderungen zwingend innerhalb der Getränke-segmente erfolgen. Ein Vergleich von Verpackungen über die Segmentgrenzen hinweg ist nicht zulässig und sicherlich auch nicht zielführend.

Die obere Darstellung zeigt die Ergebnisse für die bilanzierten Basisszenarien unter Anwendung der 50% Allokation, die untere Abbildung die Ergebnisse der 100 %-Allokation. Somit sind ein direkter Vergleich und eine gemeinsame Auswertung möglich.

Untersuchungsgruppe: Basisszenarien AF 50													
Kategorie	Einheit	Getränkesegment Säfte und Nektare							Getränkesegment H- Milch		Getränkesegment Frischmilch		
		GVK		PET EW			Glas MW	GVK	PET EW	GVK	PET EW	Glas MW	
		1,0l	1,5l	1,0l Mono	1,0l Multi	1,5l Mono	1,0l VdF						
Ressourcenverbrauch (ADP)	kg Sbe	0,70	0,50	1,33	1,50	0,95	0,73	0,55	1,70	0,41	1,72	0,72	
KEA nicht erneuerbar	MJ	1513	1107	2881	3265	2064	1465	1181	2806	911	2786	1433	
Naturraumbeanspruchung	m²e/a	17,91	15,92	0,51	0,52	0,33	0,36	16,35	0,35	17,89	0,56	0,33	
Wasserverbrauch	m³	0,01	0,01	0,28	0,40	0,20	0,01	0,01	0,06	0,01	0,09	0,01	
Klimawandel	kg CO ₂ e	53,87	34,97	141,81	164,13	101,42	97,16	39,43	127,57	22,45	125,64	96,06	
terrestrische Eutrophierung	g PO ₄ e	27,80	21,96	30,72	35,57	21,84	37,09	23,37	26,11	19,76	26,89	24,01	
aquatische Eutrophierung	g PO ₄ e	26,13	20,79	48,53	58,18	35,27	2,71	21,23	35,46	20,97	36,77	3,50	
Versauerung	g SO ₂ e	267,8	208,5	350,1	409,6	250,7	273,2	225,9	340,8	160,6	320,4	216,9	
Sommersmog MIR + NMIR	g O ₃ e	3612	2841	4046	4643	2880	4773	3028	3582	2500	3666	3056	
Stratosphärischer Ozonabbau	g R11e	0,06	0,04	0,57	0,65	0,42	0,06	0,04	0,52	0,04	0,56	0,06	
Humantoxizität Feinstaub PM 2,5	g PM2,5e	254,1	198,9	317,0	368,0	226,4	296,2	214,1	282,6	160,6	290,0	215,6	
Humantoxizität Krebsrisikopotenzial	g Ase	13,57	10,62	10,36	11,75	7,48	5,10	11,94	9,73	3,44	10,09	3,45	
Humantoxizität: ionisierende Strahlung (100a)	kg U235e	5,68	4,92	1,97	2,22	1,37	0,73	5,15	1,96	5,20	1,93	0,91	
Umweltbelastungspunkte Dtl. (komplett)	UBP	792481	514626	2084553	2412625	1490787	1427736	580238	1875397	330656	1847077	1411446	

Abbildung 7.3: Alle Nettoergebnisse der Bilanzierung mit dem Allokationsfaktor 50

Untersuchungsgruppe: Basisszenarien AF 100													
Kategorie	Einheit	Getränkesegment Säfte und Nektare							Getränkesegment H- Milch		Getränkesegment Frischmilch		
		GVK		PET EW			Glas MW	GVK	PET EW	GVK	PET EW	Glas MW	
		1,0l	1,5l	1,0l Mono	1,0l Multi	1,5l Mono	1,0l VdF						
Ressourcenverbrauch (ADP)	kg Sbe	0,50	0,34	1,14	1,29	0,80	0,71	0,38	1,49	0,26	1,53	0,67	
KEA nicht erneuerbar	MJ	1097	777	2479	2831	1776	1420	835	2394	594	2386	1337	
Naturraumbeanspruchung	m²e/a	12,42	10,87	0,45	0,46	0,29	0,33	11,15	0,30	12,26	0,51	0,31	
Wasserverbrauch	m³	0,01	0,01	0,28	0,40	0,20	0,01	0,01	0,06	0,01	0,09	0,01	
Klimawandel	kg CO ₂ e	62,00	42,12	155,36	179,05	110,99	97,87	46,75	139,05	31,85	139,36	92,49	
terrestrische Eutrophierung	g PO ₄ e	24,83	19,35	29,75	34,53	21,18	36,47	20,65	25,15	17,04	25,97	22,48	
aquatische Eutrophierung	g PO ₄ e	22,07	17,15	47,71	57,35	34,70	3,06	17,44	34,60	16,91	35,88	4,34	
Versauerung	g SO ₂ e	214,4	162,5	324,1	381,7	232,3	265,4	177,9	284,8	112,8	294,9	197,6	
Sommersmog MIR + NMIR	g O ₃ e	3206	2487	3901	4489	2781	4696	2658	3438	2130	3528	2865	
Stratosphärischer Ozonabbau	g R11e	0,05	0,04	0,55	0,63	0,41	0,05	0,04	0,50	0,04	0,54	0,05	
Humantoxizität Feinstaub PM 2,5	g PM2,5e	209,8	160,6	297,7	347,3	212,7	287,3	174,0	263,3	121,9	271,1	194,7	
Humantoxizität Krebsrisikopotenzial	g Ase	13,17	10,29	9,82	11,16	7,13	5,03	11,59	9,18	3,13	9,54	3,12	
Humantoxizität: ionisierende Strahlung (100a)	kg U235e	4,65	3,99	1,71	1,94	1,19	0,66	4,20	1,71	4,19	1,67	0,82	
Umweltbelastungspunkte Dtl. (komplett)		911661	619480	2283433	2631619	1631281	1438207	687450	2043861	468519	2048416	1358934	

Abbildung 7.4: Alle Nettoergebnisse der Bilanzierung mit dem Allokationsfaktor 100

Die dargestellten Ergebnisse zeigen eine große Variabilität. Keines der untersuchten Verpackungssysteme innerhalb eines Getränkesegments zeigt in allen Wirkungskategorien die geringsten Beiträge. Im direkten Ergebnisvergleich sind zwei Dinge auffällig:

- Die PET-EW-Gebinde zeigen in allen Getränkesegmenten in der Mehrheit der untersuchten Wirkungskategorien höhere Beiträge als die untersuchten Glas-MW-Gebinde und Getränkeverbundkartons
- Getränkeverbundkartons zeigen sowohl im Getränkesegment Säfte und Nektare als auch im Getränkesegment Frischmilch niedrigere Beiträge als Glas-Mehrwegflaschen in den ressourcenbezogenen Wirkungskategorien, die für die Nutzung fossiler sowie mineralischer Ressourcen stehen (ADP und KEA nicht erneuerbar). Hinsichtlich Naturraumbeanspruchung und Wasserverbrauch zeigen die Glas-MW-Systeme die geringeren Beiträge. Hinsichtlich der emissionsbezogenen Wirkungskategorien zeigen sechs Wirkungskategorien geringere Beiträge für den GVK (Klimawandel, terrestrische Eutrophierung, Versauerung, Sommersmog, Stratosphärischer Ozonabbau und Humantoxizität Feinstaub PM_{2,5}) und drei Wirkungskategorien geringere Beiträge für die Glas-MW-Gebinde (aquatische Eutrophierung, Humantoxizität Krebsrisikopotenzial und Humantoxizität: ionisierende Strahlung). Jedoch sind bei zwei Wirkungskategorien (Versauerung und stratosphärischem Ozonabbau) die Unterschiede gering.

Weiterhin fällt auf, dass der Einfluss des Allokationsfaktors auf das Ergebnismuster vergleichsweise gering ist.

Um auf Basis dieser Ergebnismuster valide Aussagen zur ökobilanziellen Positionierung einzelner Verpackungssysteme in den untersuchten Getränkesegmenten ableiten zu können, bedarf es einer detaillierten Auswertestrategie. Für die sachgerechte Ableitung einer solchen Strategie bedarf es noch weiterer Informationen darüber, wie sich die Ergebnisse im Detail zusammensetzen. Ziel ist es bewerten zu können, inwiefern die erhobenen Systemparameter, die verwendeten Datensätze und die methodischen Festlegungen Einfluss auf die Ergebnisse genommen haben. Dazu werden im Folgenden eine Dominanzanalyse durchgeführt und die Ergebnisse der durchgeführten Sensitivitätsanalysen dokumentiert.

7.2.2 Dominanzanalyse

Im Rahmen der Dominanzanalyse wird evaluiert, welche Lebenswegabschnitte innerhalb der untersuchten Verpackungssysteme zu den in Kapitel 7.2.1 gezeigten Ergebnissen beitragen. Dazu wird zum einen für alle untersuchten Verpackungssysteme die Wirkungskategorie Klimawandel detailliert analysiert. Zusätzlich wird für die Verpackungssysteme noch eine weitere Wirkungskategorie ausgewertet, und zwar die, in der die Verpackungssysteme die vergleichsweise höchsten Beiträge liefern (GVK: aquatische Eutrophierung, PET EW: ODP und Glas MW: Sommersmog).

Die Diskussion findet für alle bilanzierten Verpackungssysteme separat statt.

	GS Säfte und Nektare: 1,0l GVK							GS Säfte und Nektare: 1,0l GVK					
	AF 50			AF 100				AF 50			AF 100		
	in kg CO ₂ /FU	in %		in kg CO ₂ /FU	in %			in g PO ₄ e /FU	in %		in g PO ₄ e /FU	in %	
Produktion Rohkarton für GVK		12,3	9%		12,3	7%	Produktion Rohkarton für GVK		14,5	48%		14,5	48%
Produktion Kunststoff für GVK		14,9	11%		14,9	8%	Produktion Kunststoff für GVK		6,5	22%		6,5	22%
Produktion Aluminiumfolie für GVK		15,9	12%		15,9	9%	Produktion Aluminiumfolie für GVK		0,2	1%		0,2	1%
Produktion GVK		6,8	5%		6,8	4%	Produktion GVK		0,3	1%		0,3	1%
Produktion Verschluss		13,0	10%		13,0	7%	Produktion Verschluss		3,4	11%		3,4	11%
Produktion der Um- und Transportverpackung		14,3	11%		14,3	8%	Produktion der Um- und Transportverpackung		4,9	16%		4,9	16%
Abfüllung		8,0	6%		8,0	5%	Abfüllung		0,4	1%		0,4	1%
Distribution		1,6	1%		1,6	1%	Distribution		0,0	0%		0,0	0%
Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel		46,3	35%		89,4	51%	Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel		0,0	0%		0,0	0%
Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung		-30,8	39%		-61,2	54%	Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung		0,0	0%		0,0	0%
Gutschrift für ersetztes Primärmaterial		-4,7	6%		-9,4	8%	Gutschrift für ersetztes Primärmaterial		-4,1	100%		-8,1	100%
Gutschrift für inkorporierten Kohlenstoff (biogen)		-43,6	55%		-43,6	38%	Summe		26,1			22,1	
Summe		53,9			62,0								

Abbildung 7.5: Dominanzanalyse 1,0-l-GVK im GS Säfte und Nektare; links Klimawandel, rechts aq. Eutrophierung

Die Ergebnisse des 1,0 l GVK im Getränkesegment Säfte und Nektare in der Wirkungskategorie Klimawandel werden stark von den erteilten Gutschriften (insbesondere denen der thermischen Verwertung) und der Anrechnung der Photosyntheseleistung des Forst bestimmt. Bei den Umweltlasten sind insbesondere die Emissionen aus den Entsorgungsprozessen maßgeblich für die Ergebnisse. Dieser Befund verstärkt sich noch mit einem Wechsel der Systemallokation von AF 50 auf AF 100. Die Wirkungskategorie aq. Eutrophierung zeichnet ein völlig anderes Bild, maßgeblich für die Nettoergebnisse sind die Herstellung des Kartons und der Kunststoffe (sowohl für den Getränkekartonbody als auch für die Verschlüsse und die Umverpackung). Abfüllung, Distribution und Entsorgung spielen für die Ergebnisfindung keine zw. nur eine stark untergeordnete Rolle. Auch bedingen die erzielbaren Sekundärprodukte aus der thermischen Verwertung keine Gutschriften.

	GS Säfte und Nektare: 1,5 l GVK					GS Säfte und Nektare: 1,5 l GVK							
	AF 50		AF 100			AF 50		AF 100					
	in kg CO ₂ /FU	in %	in kg CO ₂ /FU	in %		in g PO ₄ e /FU	in %	in g PO ₄ e /FU	in %				
Produktion Rohkarton für GVK		11,3	11%		11,3	8%	Produktion Rohkarton für GVK		13,4	55%		13,4	55%
Produktion Kunststoff für GVK		11,9	12%		11,9	9%	Produktion Kunststoff für GVK		5,2	21%		5,2	21%
Produktion Aluminiumfolie für GVK		12,4	12%		12,4	9%	Produktion Aluminiumfolie für GVK		0,2	1%		0,2	1%
Produktion GVK		4,8	5%		4,8	4%	Produktion GVK		0,2	1%		0,2	1%
Produktion Verschluss		6,5	6%		6,5	5%	Produktion Verschluss		1,7	7%		1,7	7%
Produktion der Um- und Transportverpackung		10,2	10%		10,2	7%	Produktion der Um- und Transportverpackung		3,5	14%		3,5	14%
Abfüllung		6,6	6%		6,6	5%	Abfüllung		0,3	1%		0,3	1%
Distribution		1,3	1%		1,3	1%	Distribution		0,0	0%		0,0	0%
Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel		37,5	37%		72,7	53%	Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel		0,0	0%		0,0	0%
Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung		-24,4	36%		-48,2	50%	Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung		0,0	0%		0,0	0%
Gutschrift für ersetztes Primärmaterial		-4,0	6%		-8,1	8%	Gutschrift für ersetztes Primärmaterial		-3,6	100%		-7,3	100%
Gutschrift für inkorporierten Kohlenstoff (biogen)		-39,3	58%		-39,3	41%	Summe		20,8			17,2	
Summe		35,0			42,1								

Abbildung 7.6: Dominanzanalyse 1,5-l-GVK im GS Säfte und Nektare links Klimawandel, rechts aq. Eutrophierung

Die Ergebnisstruktur des 1,5-l-GVK im Getränkesegment Säfte und Nektare ähnelt sehr stark der des 1,0-l-GVK, nur mit dem Unterschied, dass die numerischen Beiträge der Packmittelproduktion und Entsorgung geringer ausfallen, weil das Verhältnis zwischen Verpackung und Füllgut positiver ist als beim 1,0-l-GVK (vgl. Kap. 7.1). Dominierende Lebenswegabschnitte sind somit auch hier die Entsorgungsprozesse und die damit erzielbare Allokation von Sekundärnutzen sowie die Prozesse der Herstellung der Primärrohstoffe.

	GS Säfte und Nektare: 1,0l PET EW Mono							GS Säfte und Nektare: 1,0l PET EW Mono									
	AF 50				AF 100			AF 50				AF 100					
	in kg CO ₂ /FU		in %		in kg CO ₂ /FU			in %		in g R11e/FU		in %					
Produktion Kunststoff für die Flasche			82,3	45%			82,3	36%	Produktion Kunststoff für die Flasche			0,547	93%			0,547	92%
Produktion der Flasche			20,6	11%			20,6	9%	Produktion der Flasche			0,017	3%			0,017	3%
Produktion Verschluss und Etikett			11,7	6%			11,7	5%	Produktion Verschluss und Etikett			0,007	1%			0,007	1%
Produktion der Um- und Transportverpackung			7,7	4%			7,7	3%	Produktion der Um- und Transportverpackung			0,003	1%			0,003	1%
Abfüllung			9,3	5%			9,3	4%	Abfüllung			0,008	1%			0,008	1%
Distribution			2,2	1%			2,2	1%	Distribution			0,002	0%			0,002	0%
Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel			48,5	27%			95,3	42%	Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel			0,005	1%			0,007	1%
Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung			-30,9	76%			-61,7	84%	Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung			-0,012	64%			-0,024	64%
Gutschrift für ersetztes Primärmaterial			-2,3	6%			-4,7	6%	Gutschrift für ersetztes Primärmaterial			-0,007	36%			-0,013	36%
Gutschrift für inkorporierten Kohlenstoff (biogen)			-7,3	18%			-7,3	10%	Summe			0,571				0,555	
Summe			141,8				155,4										

Abbildung 7.7: Dominanzanalyse 1,0 l PET EW Mono im GS Säfte und Nektare links Klimawandel, rechts ODP

Dominierende Lebenswegabschnitte der 1,0-l-PET-EW-Flasche Monolayer im Getränkesegment Säfte und Nektare ist die Produktion des Kunststoffs (PET und in kleinen Anteilen auch PA) für die Flasche. In der Wirkungskategorie Klimawandel zeigt sich noch die Bedeutung der Entsorgungsprozesse. Die Gutschriften werden in der Wirkungskategorie von den Gutschriften für Energie aus der thermischen Verwertung dominiert, da außer den

Verschlüssen und Teilen der Um- und Transportverpackung keine Stoffflüsse in eine werkstoffliche Verwertung stattfinden. Die Gutschrift für inkorporierten Kohlenstoff entsteht durch Packmittel aus Pappe innerhalb der Um- und Transportverpackung wie ggf. Packmitteln innerhalb der Vorkette bspw. beim Transport der Preforms. In der Wirkungskategorie stratosphärischer Ozonabbau (ODP) dominiert ausschließlich die PET-Produktion. Treiber der Ergebnisse ist der Schadstoff Methylbromidemissionen (CH_3Br), welcher im Rahmen der Produktion von Terephthalsäure (PTA) entsteht. Die PTA-Produktion wird im PET-Datensatz mit Daten aus einer externen Quelle (CPME 2016) beschrieben, gilt aber als valide.

	GS Säfte und Nektare: 1,0l PET EW Multi					GS Säfte und Nektare: 1,0l PET EW Multi						
	AF 50		AF 100			AF 50		AF 100				
	in kg CO ₂ /FU	in %	in kg CO ₂ /FU	in %		in g R11e/FU	in %	in g R11e/FU	in %			
Produktion Kunststoff für die Flasche		98,5	48%		98,5	38%		0,622	93%		0,622	93%
Produktion der Flasche		25,8	12%		25,8	10%		0,022	3%		0,022	3%
Produktion Verschluss und Etikett		10,7	5%		10,7	4%		0,006	1%		0,006	1%
Produktion der Um- und Transportverpackung		7,7	4%		7,7	3%		0,003	0%		0,003	0%
Abfüllung		9,3	4%		9,3	4%		0,008	1%		0,008	1%
Distribution		2,2	1%		2,2	1%		0,002	0%		0,002	0%
Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel		53,1	26%		104,3	40%		0,005	1%		0,008	1%
Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung		-33,9	78%		-67,8	85%		-0,013	65%		-0,026	65%
Gutschrift für ersetztes Primärmaterial		-2,4	5%		-4,7	6%		-0,007	35%		-0,014	35%
Gutschrift für inkorporierten Kohlenstoff (biogen)		-6,9	16%		-6,9	9%	Summe		0,649		0,632	
Summe		164,1			179,0							

Abbildung 7.8: Dominanzanalyse 1,0 l PET EW Multi im GS Säfte und Nektare links Klimawandel, rechts ODP

	GS Säfte und Nektare: 1,5 l PET EW Mono					GS Säfte und Nektare: 1,5 l PET EW Mono						
	AF 50		AF 100			AF 50		AF 100				
	in kg CO ₂ /FU	in %	in kg CO ₂ /FU	in %		in g R11e/FU	in %	in g R11e/FU	in %			
Produktion Kunststoff für die Flasche		61,3	47%		61,3	37%		0,407	94%		0,407	93%
Produktion der Flasche		14,6	11%		14,6	9%		0,012	3%		0,012	3%
Produktion Verschluss und Etikett		6,2	5%		6,2	4%		0,003	1%		0,003	1%
Produktion der Um- und Transportverpackung		5,7	4%		5,7	3%		0,002	1%		0,002	1%
Abfüllung		6,2	5%		6,2	4%		0,005	1%		0,005	1%
Distribution		1,1	1%		1,1	1%		0,001	0%		0,001	0%
Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel		34,9	27%		68,4	42%		0,003	1%		0,005	1%
Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung		-22,2	78%		-44,5	85%		-0,008	65%		-0,017	65%
Gutschrift für ersetztes Primärmaterial		-1,7	6%		-3,4	6%		-0,005	35%		-0,009	35%
Gutschrift für inkorporierten Kohlenstoff (biogen)		-4,5	16%		-4,5	9%	Summe	0,422			0,411	
Summe		101,4			111,0							

Abbildung 7.9: Dominanzanalyse 1,5 l PET EW Mono im GS Säfte und Nektare links Klimawandel, rechts ODP

Die zur 1,0-l-PET-EW-Flasche Monolayer im Getränkesegment Säfte und Nektare getroffenen Aussagen gelten für die 1,0-l-PET-EW-Multilayerflasche und die 1,5-l-PET-EW-Monolayerflasche entsprechend mit den Einschränkungen, dass die Multilayerflasche bei gleicher Füllgröße mehr Verpackungsmaterial bedarf und die 1,5-l-PET-EW-Flasche ein positiveres Verhältnis zwischen Verpackung und Füllgut aufweist, die absoluten Werte also

leicht variieren. An den grundlegenden Aussagen, dass die Nettoergebnisse aber in erster Linie durch die Lasten der Primärmaterialproduktion und durch die Emissionen innerhalb der Entsorgungsprozesse bestimmt werden, ändert sich nichts. Festzuhalten ist, dass die durch die thermische Verwertung erzielbaren Energiegutschriften auch im Falle der 100%-Allokation geringer ausfallen als die mit der Verbrennung verbundenen Umweltlasten, obwohl das Erdöl-basierte Produkt PET-Flasche Energie aus Kohle ersetzt. Dies ist der Tatsache geschuldet, das PET im Gegensatz zu den Polyolefinen wie PE oder PP nur einen geringen Brennwert aufweist, die Gutschriften somit geringer ausfallen als bei anderen Kunststoffprodukten.

	GS Säfte und Nektare: 1,0 l Glas MW (VdF)					GS Säfte und Nektare: 1,0 l Glas MW (VdF)			
	AF 50		AF 100			AF 50		AF 100	
	in kg CO ₂ /FU	in %	in kg CO ₂ /FU	in %		in g O ₃ e/FU	in %	in g O ₃ e/FU	in %
Produktion Behälterglas	13,6	13%	13,6	12%	Produktion Behälterglas	676,1	14%	676,1	14%
Produktion von Verschluss und Etikett	8,8	8%	8,8	8%	Produktion von Verschluss und Etikett	323,4	7%	323,4	7%
Produktion der Um- und Transportverpackung	1,0	1%	1,0	1%	Produktion der Um- und Transportverpackung	38,1	1%	38,1	1%
Abfüllung	37,3	34%	37,3	33%	Abfüllung	790,4	16%	790,4	16%
Distribution	41,3	38%	41,3	37%	Distribution	2934,4	60%	2934,4	60%
Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel	6,3	6%	10,8	10%	Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel	120,3	2%	152,2	3%
Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung	-2,0	18%	-4,0	27%	Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung	-41,2	38%	-81,9	37%
Gutschrift für ersetztes Primärmaterial	-1,8	16%	-3,5	24%	Gutschrift für ersetztes Primärmaterial	-68,5	62%	-136,9	63%
Gutschrift für inkorporierten Kohlenstoff (biogen)	-7,5	66%	-7,5	50%	Summe	4773,0		4695,7	
Summe	97,2		97,9						

Abbildung 7.10: Dominanzanalyse 1,0 l Glas MW (VdF) im GS Säfte und Nektare links Klimawandel, rechts Sommersmog

Die Nettoergebnisse der 1,0 l-Glas-MW-Flasche (VdF) im Getränke-segment Säfte und Nektare werden bestimmt durch die Lebenswegabschnitte Abfüllung und Distribution. Die Prozesse zur Herstellung und Entsorgung der Gebinde spielen in der Gesamtbilanz nur eine untergeordnete Rolle, da die Aufwendungen durch die Anzahl der Umläufe (in diesem Falle 27) geteilt werden. Entsprechend gering ist auch der Einfluss der Systemallokation auf die Ergebnisse.

Abfüllung (inkl. Flaschenreinigung) und Distribution hingegen sind Handlingprozesse, die nicht durch die Umlaufzahl beeinflusst werden. Entsprechend sind in diesen Lebenswegabschnitten auch die relevanten Energieverbräuche zu finden, die sich in den untersuchten Wirkungskategorien niederschlagen. Die Unterschiede zwischen Klimawandel (dort sind Abfüllung und Distribution in etwa gleich) und Sommersmog (dort dominiert die Distribution) zeigt vor allem den Unterschied in der Schadstoffreinigungstechnologie zwischen mobilen und stationären Quellen. Da klimarelevante Emissionen (bislang) nicht gefiltert werden, sind die Emissionen hier äquivalent zum Brennstoffeinsatz. In der Wirkungskategorie Sommersmog, die stark von klassischen Luftschadstoffen wie NO_x etc. dominiert wird, zeigt sich, dass stationäre Quellen eine intensivere Rauchgaswäsche betreiben können, als dies bei mobilen Quellen wie LKWs der Fall ist.

	GS H-Milch: 1,0 l GVK							GS H-Milch: 1,0 l GVK					
	AF 50			AF 100				AF 50			AF 100		
	in kg CO ₂ /FU	in %		in kg CO ₂ /FU	in %			in g PO ₄ e /FU	in %		in g PO ₄ e /FU	in %	
Produktion Rohkarton für GVK		11,6	11%		11,6	8%	Produktion Rohkarton für GVK		13,7	55%		13,7	55%
Produktion Kunststoff für GVK		11,0	10%		11,0	8%	Produktion Kunststoff für GVK		4,8	19%		4,8	19%
Produktion Aluminiumfolie für GVK		14,5	13%		14,5	10%	Produktion Aluminiumfolie für GVK		0,2	1%		0,2	1%
Produktion GVK		6,6	6%		6,6	5%	Produktion GVK		0,3	1%		0,3	1%
Produktion Verschluss		9,0	8%		9,0	6%	Produktion Verschluss		2,4	9%		2,4	9%
Produktion der Um- und Transportverpackung		10,1	9%		10,1	7%	Produktion der Um- und Transportverpackung		3,4	14%		3,4	14%
Abfüllung		6,4	6%		6,4	4%	Abfüllung		0,2	1%		0,2	1%
Distribution		1,2	1%		1,2	1%	Distribution		0,0	0%		0,0	0%
Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel		38,8	35%		75,0	52%	Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel		0,0	0%		0,0	0%
Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung		-25,1	36%		-49,7	50%	Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung		0,0	0%		0,0	0%
Gutschrift für ersetztes Primärmaterial		-4,3	6%		-8,6	9%	Gutschrift für ersetztes Primärmaterial		-3,8	100%		-7,6	100%
Gutschrift für inkorporierten Kohlenstoff (biogen)		-40,5	58%		-40,5	41%	Summe		21,2			17,4	
Summe		39,4			46,7								

Abbildung 7.11: Dominanzanalyse 1,0 l GVK im GS H-Milch links Klimawandel, rechts aq. Eutrophierung

Der 1,0 l GVK im Getränkesegment H-Milch zeigt ein ähnliches Bild wie die GVKs für Säfte und Nektare; Unterschiede ergeben sich durch Abweichungen bei den Kunststoffanteilen im System (insbesondere bei den Verschlüssen). Dominante Lebenswegabschnitte sind die Herstellung der Rohstoffe für die Verpackungssysteme sowie deren Entsorgung in Verbindung mit den erzielbaren Gutschriften für Sekundärprodukte.

	GS H-Milch: 1,0 l PET EW Mono					GS H-Milch: 1,0 l PET EW Mono			
	AF 50		AF 100			AF 50		AF 100	
	in kg CO ₂ /FU	in %	in kg CO ₂ /FU	in %		in g R11e/FU	in %	in g R11e/FU	in %
Produktion Kunststoff für die Flasche		64,3	39%		64,3	30%		0,496	92%
Produktion der Flasche		20,0	12%		20,0	9%		0,017	3%
Produktion Verschluss und Etikett		15,7	9%		15,7	7%		0,007	1%
Produktion der Um- und Transportverpackung		7,2	4%		7,2	3%		0,003	1%
Abfüllung		9,3	6%		9,3	4%		0,008	1%
Distribution		1,9	1%		1,9	1%		0,002	0%
Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel		47,2	29%		93,0	44%		0,004	1%
Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung		-31,8	84%		-63,7	88%		-0,012	60%
Gutschrift für ersetztes Primärmaterial		-2,4	6%		-4,7	7%		-0,008	40%
Gutschrift für inkorporierten Kohlenstoff (biogen)		-3,7	10%		-3,7	5%		0,518	
Summe		127,6			139,1			0,501	

Abbildung 7.12: Dominanzanalyse 1,0 l PET EW im GS H-Milch; links Klimawandel, rechts ODP

Auch die 1,0-l-PET-EW-Flasche im Getränkesegment H-Milch zeigt den bereits von den Saftflaschen her bekannten Befund. Relevant sind insbesondere die PET-Produktion sowie die Aufwendungen für die Entsorgung.

	GS Frischmilch 1,0 l GVK					GS Frischmilch 1,0 l GVK							
	AF 50		AF 100			AF 50		AF 100					
	in kg CO ₂ /FU	in %	in kg CO ₂ /FU	in %		in g PO ₄ e /FU	in %	in g PO ₄ e /FU	in %				
Produktion Rohkarton für GVK		12,6	14%		12,6	10%	Produktion Rohkarton für GVK		14,9	59%		14,9	59%
Produktion Kunststoff für GVK		7,5	8%		7,5	6%	Produktion Kunststoff für GVK		3,3	13%		3,3	13%
Produktion Aluminiumfolie für GVK		0,0	0%		0,0	0%	Produktion Aluminiumfolie für GVK		0,0	0%		0,0	0%
Produktion GVK		6,6	7%		6,6	5%	Produktion GVK		0,3	1%		0,3	1%
Produktion Verschluss		8,8	10%		8,8	7%	Produktion Verschluss		2,3	9%		2,3	9%
Produktion der Um- und Transportverpackung		12,1	13%		12,1	10%	Produktion der Um- und Transportverpackung		4,2	17%		4,2	17%
Abfüllung		5,6	6%		5,6	4%	Abfüllung		0,2	1%		0,2	1%
Distribution		1,3	1%		1,3	1%	Distribution		0,0	0%		0,0	0%
Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel		37,3	41%		72,0	57%	Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel		0,0	0%		0,0	0%
Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung		-21,3	31%		-42,1	45%	Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung		0,0	0%		0,0	0%
Gutschrift für ersetztes Primärmaterial		-4,5	6%		-9,0	10%	Gutschrift für ersetztes Primärmaterial		-4,1	100%		-8,1	100%
Gutschrift für inkorporierten Kohlenstoff (biogen)		-43,4	63%		-43,4	46%	Summe		21,0			16,9	
Summe		22,5			31,9								

Abbildung 7.13: Dominanzanalyse 1,0 l GVK im GS Frischmilch; links Klimawandel, rechts aq. Eutrophierung

Im Unterschied zu den übrigen bislang beschriebenen Getränkeverbundkartons fällt beim Verpackungssystem 1,0-l-GVK im Getränkesegment Frischmilch auf, dass keine Umweltlasten aus der Produktion der Aluminiumfolie entstehen, da GVKs für Frischmilch auf Aluminium als Barrierematerial verzichten können. Somit rücken beim 1,0-l-GVK im Getränkesegment Frischmilch in der Wirkungskategorie Klimawandel die Entsorgungsprozesse samt der erzielbaren Gutschriften und in der Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung die Produktion des Rohkartons noch stärker in den Vordergrund.

	GS Frischmilch: 1,0l PET EW Mono							GS Frischmilch: 1,0l PET EW Mono									
	AF 50				AF 100			AF 50				AF 100					
	in kg CO ₂ /FU		in %		in kg CO ₂ /FU			in %		in g R11e/FU		in %					
Produktion Kunststoff für die Flasche			69,8	42%			69,8	33%	Produktion Kunststoff für die Flasche			0,539	93%			0,539	93%
Produktion der Flasche			20,9	12%			20,9	10%	Produktion der Flasche			0,018	3%			0,018	3%
Produktion Verschluss und Etikett			15,1	9%			15,1	7%	Produktion Verschluss und Etikett			0,010	2%			0,010	2%
Produktion der Um- und Transportverpackung			7,2	4%			7,2	3%	Produktion der Um- und Transportverpackung			0,003	1%			0,003	1%
Abfüllung			4,5	3%			4,5	2%	Abfüllung			0,004	1%			0,004	1%
Distribution			1,8	1%			1,8	1%	Distribution			0,002	0%			0,002	0%
Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel			48,0	29%			94,3	44%	Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel			0,005	1%			0,007	1%
Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung			-30,1	72%			-60,4	81%	Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung			-0,012	59%			-0,024	59%
Gutschrift für ersetztes Primärmaterial			-2,4	6%			-4,8	7%	Gutschrift für ersetztes Primärmaterial			-0,008	41%			-0,017	41%
Gutschrift für inkorporierten Kohlenstoff (biogen)			-9,0	22%			-9,0	12%	Summe			0,559				0,542	
Summe			125,6				139,4										

Abbildung 7.14: Dominanzanalyse 1,0 l PET EW im GS Frischmilch links Klimawandel, rechts ODP

Auch die 1,0-l-PET-EW-Flasche im Getränkesegment Frischmilch zeigt den für PET-EW-Flaschen typischen Befund. Relevant sind insbesondere die PET-Produktion sowie die Aufwendungen für die Entsorgung.

	GS Frischmilch 1,0l Glas MW							GS Frischmilch 1,0l Glas MW					
	AF 50			AF 100				AF 50			AF 100		
	in kg CO ₂ /FU	in %		in kg CO ₂ /FU	in %			in g O ₃ e/FU	in %		in g O ₃ e/FU	in %	
Produktion Behälterglas		24,5	22%		24,5	21%	Produktion Behälterglas		1076,4	33%		1076,4	32%
Produktion von Verschluss und Etikett		15,9	14%		15,9	14%	Produktion von Verschluss und Etikett		468,4	14%		468,4	14%
Produktion der Um- und Transportverpackung		1,1	1%		1,1	1%	Produktion der Um- und Transportverpackung		37,3	1%		37,3	1%
Abfüllung		37,3	33%		37,3	32%	Abfüllung		790,4	24%		790,4	24%
Distribution		25,0	22%		25,0	21%	Distribution		790,3	24%		790,3	24%
Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel		7,8	7%		12,8	11%	Recycling und Entsorgung gebrauchter Packmittel		123,7	4%		162,9	5%
Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung		-2,3	15%		-4,5	19%	Gutschrift für Energie aus der thermischen Verwertung		-46,0	20%		-91,8	20%
Gutschrift für ersetztes Primärmaterial		-6,3	41%		-12,7	53%	Gutschrift für ersetztes Primärmaterial		-184,2	80%		-368,3	80%
Gutschrift für inkorporierten Kohlenstoff (biogen)		-6,9	45%		-6,9	29%	Summe		3056,3			2865,5	
Summe		96,1			92,5								

Abbildung 7.15: Dominanzanalyse 1,0 l Glas MW im GS Frischmilch; links Klimawandel, rechts Sommersmog

Für die 1,0-l-Glas-MW-Flasche im Getränke-segment Frischmilch gelten prinzipiell die gleichen Anmerkungen wie für die Saftflaschen. Auffällig ist, dass aufgrund der deutlich niedrigeren Umlaufhäufigkeit der Gebinde (Bilanzwert 10 statt 27) diesmal auch die Prozesse der Packmittelproduktion und Entsorgung inkl. erzielbarer Gutschriften eine größere Rolle spielen. Somit reagieren die Ergebnisse der 1,0-l-Glas-MW-Flasche im Getränke-segment Frischmilch auch sensibler auf die Wahl des Allokationsfaktors.

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- Die Nettoergebnisse der Einweggebinde wie Getränkekarton und PET-EW-Flaschen werden vor allem durch die Prozesse der Packmittelproduktion sowie der Entsorgung bestimmt. Auch die für die Sekundärprodukte der Verwertung erzielbaren Gutschriften spielen bei der Ergebnisfindung eine maßgebliche Rolle. Innerhalb der Wirkungskategorie Klimawandel trägt auch die Anrechnung der Photosyntheseleistung des Forstes in Form einer Gutschrift für inkorporierten Kohlenstoff zum Ergebnis bei. Die Relevanz dieser Gutschrift steigt mit dem Anteil an erneuerbaren Materialien im Verpackungssystem.
- Die Mehrweggebinde sind vor allem durch die Beiträge aus den Aufwendungen für die Handlingprozesse Abfüllung und Distribution bestimmt. Die Relevanz der Packmittelproduktion und -entsorgung nimmt mit aufsteigender Umlaufzahl in der Summe ab.

7.2.3 Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen und Varianten

Im Folgenden werden der Vollständigkeit halber die Nettoergebnisse der Bilanzierung der Sensitivitätsanalysen und Varianten dokumentiert. Auf eine dezidierte Beschreibung und Analyse der Ergebnisse soll an dieser Stelle verzichtet werden, denn die Ergebnisse werden im Rahmen der Auswertung diskutiert und im Rahmen der Interpretation verarbeitet.

Untersuchungsgruppe: Sensitivität getränkesegmentspezifische Distribution												
Kategorie	Einheit	Getränkesegment Säfte und Nektare						Getränkesegment H- Milch		Getränkesegment Frischmilch		
		GVK		PET EW			Glas MW	GVK	PET EW	GVK	PET EW	Glas MW
		1,0l	1,5l	1,0l Mono	1,0l Multi	1,5l Mono	1,0l VdF					
Ressourcenverbrauch (ADP)	kg Sbe	0,70	0,50	1,33	1,50	0,95	0,75	0,55	1,69	0,41	1,72	0,70
KEA nicht erneuerbar	MJ	1514	1108	2881	3265	2064	1504	1181	2797	911	2778	1402
Naturraumbeanspruchung	m²e/a	17,91	15,92	0,51	0,52	0,33	0,36	16,35	0,35	17,89	0,56	0,33
Wasserverbrauch	m³	0,01	0,01	0,28	0,40	0,20	0,01	0,01	0,06	0,01	0,09	0,01
Klimawandel	kg CO₂e	53,96	35,05	141,83	164,19	101,43	100,12	39,45	126,87	22,48	125,09	93,68
terrestrische Eutrophierung	g PO₄e	27,83	21,98	30,73	35,59	21,85	38,69	23,38	25,93	19,77	26,77	23,38
aquatische Eutrophierung	g PO₄e	26,13	20,79	48,53	58,18	35,27	2,71	21,23	35,46	20,97	36,77	3,50
Versauerung	g SO₂e	268,0	208,7	350,1	409,8	250,7	283,6	225,9	309,4	160,6	319,4	212,1
Sommersmog MIR + NMIR	g O₃e	3616	2844	4047	4645	2881	4978	3028	3559	2501	3651	2977
Stratosphärischer Ozonabbau	g R11e	0,06	0,04	0,57	0,65	0,42	0,06	0,04	0,52	0,04	0,56	0,06
Humantoxizität Feinstaub PM 2,5	g PM2,5e	254,3	199,0	317,1	368,2	226,4	307,9	214,1	281,2	160,7	289,0	210,7
Humantoxizität Krebsrisikopotenzial	g Ase	13,57	10,62	10,36	11,75	7,48	5,30	11,94	9,69	3,44	10,06	3,30
Humantoxizität: ionisierende Strahlung (100a)	kg U235e	5,68	4,92	1,97	2,22	1,37	0,73	5,15	1,96	5,20	1,93	0,91
Umweltbelastungspunkte Dtl. (komplett)		793874	515760	2084897	2413505	1490947	1471335	580511	1864987	331050	1838962	1376516

Abbildung 7.16: Alle Nettoergebnisse der Sensitivitätsanalyse zur getränkesegmentspezifischen Distribution (AF 50)

Untersuchungsgruppe: Sensitivität zu den Umlaufzahlen der Glas MW Gebinde												
Kategorie	Einheit	Getränkesegment Säfte und Nektare						Getränkesegment H- Milch		Getränkesegment Frischmilch		
		GVK		PET EW			Glas MW	GVK	PET EW	GVK	PET EW	Glas MW
		1,0l	1,5l	1,0l Mono	1,0l Multi	1,5l Mono	1,0l VdF					
Ressourcenverbrauch (ADP)	kg Sbe	0,70	0,50	1,33	1,50	0,95	0,75	0,55	1,70	0,41	1,72	0,65
KEA nicht erneuerbar	MJ	1513	1107	2881	3265	2064	1501	1181	2806	911	2786	1291
Naturraumbeanspruchung	m²e/a	17,91	15,92	0,51	0,52	0,33	0,36	16,35	0,35	17,89	0,56	0,33
Wasserverbrauch	m³	0,01	0,01	0,28	0,40	0,20	0,01	0,01	0,06	0,01	0,09	0,00
Klimawandel	kg CO₂e	53,87	34,97	141,81	164,13	101,42	100,04	39,43	127,57	22,45	125,64	84,69
terrestrische Eutrophierung	g PO₄e	27,80	21,96	30,72	35,57	21,84	38,26	23,37	26,11	19,76	26,89	20,07
aquatische Eutrophierung	g PO₄e	26,13	20,79	48,53	58,18	35,27	2,80	21,23	35,46	20,97	36,77	3,11
Versauerung	g SO₂e	267,8	208,5	350,1	409,6	250,7	285,0	225,9	310,8	160,6	320,4	173,9
Sommersmog MIR + NMIR	g O₃e	3612	2841	4046	4643	2880	4922	3028	3582	2500	3666	2555
Stratosphärischer Ozonabbau	g R11e	0,06	0,04	0,57	0,65	0,42	0,06	0,04	0,52	0,04	0,56	0,05
Humantoxizität Feinstaub PM 2,5	g PM2,5e	254,1	198,9	317,0	368,0	226,4	307,6	214,1	282,6	160,6	290,0	175,0
Humantoxizität Krebsrisikopotenzial	g Ase	13,57	10,62	10,36	11,75	7,48	5,18	11,94	9,73	3,44	10,09	3,14
Humantoxizität: ionisierende Strahlung (100a)	kg U235e	5,68	4,92	1,97	2,22	1,37	0,79	5,15	1,96	5,20	1,93	0,65
Umweltbelastungspunkte Dtl. (komplett)		792481	514626	2084553	2412625	1490787	1470112	580238	1875397	330656	1847077	1244299

Abbildung 7.17: Alle Nettoergebnisse der Sensitivitätsanalyse zu den Umlaufzahlen (AF 50)
GS Säfte und Nektare 22 statt 27 und GS Frischmilch 20 statt 10

Untersuchungsgruppe: Sensitivität zum verwendeten PA Datensatz												
Kategorie	Einheit	Getränkesegment Säfte und Nektare						Getränkesegment H- Milch		Getränkesegment Frischmilch		
		GVK		PET EW			Glas MW	GVK	PET EW	GVK	PET EW	Glas MW
		1,0 l	1,5 l	1,0 l Mono	1,0 l Multi	1,5 l Mono	1,0 l VdF	1,0 l	1,0 l	1,0 l	1,0 l	1,0 l
Ressourcenverbrauch (ADP)	kg Sbe	0,70	0,50	1,13	1,25	0,80	0,73	0,55	1,70	0,41	1,72	0,72
KEA nicht erneuerbar	MJ	1513	1107	2415	2692	1717	1465	1181	2806	911	2786	1433
Naturraumbeanspruchung	m²e/a	17,91	15,92	0,51	0,51	0,33	0,36	16,35	0,35	17,89	0,56	0,33
Wasserverbrauch	m³	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,06	0,01	0,09	0,01
Klimawandel	kg CO ₂ e	53,87	34,97	128,19	143,00	90,58	97,16	39,43	127,57	22,45	125,64	96,06
terrestrische Eutrophierung	g PO ₄ e	27,80	21,96	24,18	26,96	17,00	37,09	23,37	26,11	19,76	26,89	24,01
aquatische Eutrophierung	g PO ₄ e	26,13	20,79	29,38	32,53	21,05	2,71	21,23	35,46	20,97	36,77	3,50
Versauerung	g SO ₂ e	267,8	208,5	261,4	292,9	184,7	273,2	225,9	310,8	160,6	320,4	216,9
Sommersmog MIR + NMIR	g O ₃ e	3612	2841	3269	3639	2305	4773	3028	3582	2500	3666	3056
Stratosphärischer Ozonabbau	g R11e	0,06	0,04	0,47	0,54	0,35	0,06	0,04	0,52	0,04	0,56	0,06
Humantoxizität Feinstaub PM 2,5	g PM2,5e	254,1	198,9	245,4	274,4	173,2	296,2	214,1	282,6	160,6	290,0	215,6
Humantoxizität Krebsrisikopotenzial	g Ase	13,57	10,62	8,36	9,30	6,00	5,10	11,94	9,73	3,44	10,09	3,45
Humantoxizität: ionisierende Strahlung (100a)	kg U235e	5,68	4,92	1,86	2,11	1,29	0,73	5,15	1,96	5,20	1,93	0,91
Umweltbelastungspunkte Dtl. (komplett)		792481	514626	1884216	2101778	1331325	1427736	580238	1875397	330656	1847077	1411446

Abbildung 7.18: Alle Nettoergebnisse der Sensitivitätsanalyse zum verwendeten PA Datensatz (AF 50)

Untersuchungsgruppe: Sensitivität optimierte PET EW Gebinde im GS Säfte und Nektare																
Kategorie	Einheit	Getränkesegment Säfte und Nektare														
		GVK		1,0 l PET EW						1,5 l PET EW						Glas MW
		1,0 l	1,5 l	Basis	Multi	rPET CL	rPET CL lw	Basis	rPET CL	rPET CL lw	1,0 l VdF					
Ressourcenverbrauch (ADP)	kg Sbe	0,70	0,50	1,33	1,50	0,84	0,79	0,95	0,58	0,55	0,73					
KEA nicht erneuerbar	MJ	1513	1107	2881	3265	1775	1664	2064	1246	1163	1465					
Naturraumbeanspruchung	m²e/a	17,91	15,92	0,51	0,52	0,53	0,52	0,33	0,35	0,34	0,36					
Wasserverbrauch	m³	0,01	0,01	0,28	0,40	0,02	0,02	0,20	0,01	0,01	0,01					
Klimawandel	kg CO₂e	53,87	34,97	141,81	164,13	101,96	96,22	101,42	70,86	66,58	97,16					
terrestrische Eutrophierung	g PO₄e	27,80	21,96	30,72	35,57	18,86	17,79	21,84	13,05	12,25	37,09					
aquatische Eutrophierung	g PO₄e	26,13	20,79	48,53	58,18	18,43	17,13	35,27	12,95	11,98	2,71					
Versauerung	g SO₂e	267,8	208,5	350,1	409,6	199,2	187,6	250,7	138,6	130,0	273,2					
Sommersmog MIR + NMIR	g O₃e	3612	2841	4046	4643	2507	2363	2880	1740	1633	4773					
Stratosphärischer Ozonabbau	g R11e	0,06	0,04	0,57	0,65	0,27	0,25	0,42	0,20	0,18	0,06					
Humantoxizität Feinstaub PM 2,5	g PM2,5e	254,1	198,9	317,0	368,0	188,4	177,6	226,4	130,9	122,9	296,2					
Humantoxizität Krebsrisikopotenzial	g Ase	13,57	10,62	10,36	11,75	5,54	5,16	7,48	3,91	3,63	5,10					
Humantoxizität: ionisierende Strahlung (100a)	kg U235e	5,68	4,92	1,97	2,22	2,21	2,09	1,37	1,55	1,46	0,73					
Umweltbelastungspunkte Dtl. (komplett)		792481	514626	2084553	2412625	1498540	1414096	1490787	1041396	978518	1427736					

Abbildung 7.19: Alle Nettoergebnisse der Sensitivitätsanalyse zur optimierten PET EW Flasche im GS Säfte und Nektare (AF 50)

7.3 Optionale Bestandteile – Normierung

In diesem Kapitel werden alle Ergebnisse der Basisszenarien in normiertem Format, d.h. als Einwohnerdurchschnittswerte, dargestellt. Ein solcher Normierungsschritt erlaubt die Einschätzung der relativen Bedeutung einzelner Wirkungskategorien und bietet zudem die Möglichkeit, Bilanzergebnisse in derselben Einheit, nämlich in Einwohnerwerten, auszudrücken. Die Normierung bezeichnet die Berechnung der Größenordnung der Indikatorergebnisse im Verhältnis zu einem Referenzwert. Der Beitrag der durch das untersuchte Produktsystem verursachten Umweltwirkungen kann damit z. B. auf bereits existierende Umweltbelastungen bezogen werden. Ziel dieses Vorgehens ist es, ein besseres Verständnis für die relative Bedeutung der ermittelten Indikatorergebnisse zu bekommen. Referenzwert für die Normierung ist im Fall der vorliegenden Ökobilanz der Absatz an Getränken im jeweiligen Getränke-segment im Jahr 2015:

- Getränke-segment Säfte und Nektare: 2.908,5 Mio. Liter
- Getränke-segment H-Milch: 2.765,2 Mio. Liter
- Getränke-segment Frischmilch: 1.572,0 Mio. Liter

Für die Berechnung der Normierung werden somit alle Bilanzergebnisse, die sich auf die funktionelle Einheit von 1.000 Liter Füllgut beziehen, auf den Gesamtverbrauch im jeweiligen Getränke-segment skaliert und abschließend durch den spezifischen Beitrag pro Einwohner geteilt, der für die Mehrzahl der ausgewerteten Wirkungskategorien aus verschiedenen Statistiken und Emissionsinventaren abgeleitet werden kann. Die ergiebigste und von der Datenvalidität auch beste Quelle ist die Berichterstattung über luftgetragene Schadstoffe, die vom UBA im Zusammenhang mit der internationalen Luftreinhaltekonvention erstellt wird: die sogenannten NFR-Tabellen der Emissionsberichtserstattung. Daraus lassen sich allerdings nur die spezifischen Beiträge für die Wirkungskategorien ableiten, die primär durch Luftschadstoffe bestimmt werden. Energieverbrauchsbezogene Bilanzgrößen wie der KEA können aus den Zahlen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) extrahiert werden. Die spezifischen Beiträge zum Flächenverbrauch und zur Wassernutzung können aus Publikationen des statistischen Bundesamtes abgeleitet werden. Die spezifischen Beiträge für die Kategorien der Human- und Ökotoxizität lassen sich – mit Ausnahme der Wirkungskategorie Feinstaub PM 2.5 nicht in ausreichender Datenqualität bzw. gar nicht generieren. Ebenso fehlen valide Daten in ausreichender Kohärenz zur Bildung eines Normierungswertes für die Wirkungskategorie ADP. Auch für die Umweltbelastungspunkte wird keine Normierung durchgeführt, zumal die Ableitung der UBP ja bereits Bestandteile einer Normierung enthält. Im Folgenden sind die spezifischen Beiträge aufgelistet:

- KEA nicht erneuerbar: 142,4 GJ pro Einwohner
- Naturraumbeanspruchung: 1.378 m²e/a pro Einwohner
- Wasserverbrauch: 63m³/a pro Einwohner
- Klimawandel: 11.020,1 kg CO₂e pro Einwohner
- ter. Eutrophierung: 5.199,3 g PO₄e pro Einwohner
- aq. Eutrophierung: 3.316,1 g PO₄e pro Einwohner
- Versauerung: 32,2 kg SO₂e pro Einwohner
- Sommersmog: 296,9 kg O₃e pro Einwohner
- ODP: 3,1 g R11e pro Einwohner

Normierung ist ein optionales Element, das für die Bewertung der Ergebnisse hilfreich ist

Berechnungsweg

- Feinstaub PM 2.5: 23,1 kg PM2.5e pro Einwohner

Durch die Division der errechneten Gesamtemissionen durch den spezifischen Beitrag pro Einwohner werden die so genannten Einwohnerdurchschnittswerte errechnet. Die Ergebnisse der Normierung werden grafisch dargestellt. Da die EDW-Werte der PET-Gebinde in der Wirkungskategorie ODP mit bis zu 609.084 EDW um den Faktor 10 höher sind als die der anderen Systeme, haben wir die Darstellung der spezifischen Beiträge bei 100.000 EDW gekappt.

Ergebnisse der Normierung

Untersuchungsgruppe: Basisszenarien AF 50												
Kategorie	Einheit	Getränkesegment Säfte und Nektare						Getränkesegment H- Milch		Getränkesegment Frischmilch		
		GVK		PET EW			Glas MW	GVK	PET EW	GVK	PET EW	Glas MW
		1,0 l	1,5 l	1,0 l Mono	1,0 l Multi	1,5 l Mono	1,0 l VdF					
KEA nicht erneuerbar	EDW	30.903	22.612	58.856	66.693	42.169	29.922	22.935	54.499	10.053	30.757	15.826
Naturraumbeanspruchung	EDW	37.793	33.599	1.075	1.089	704	750	32.807	709	20.402	643	380
Wasserverbrauch	EDW	625	478	13.033	18.142	9.365	313	582	2.563	269	2.224	221
Klimawandel	EDW	14.217	9.229	37.427	43.318	26.766	25.642	9.895	32.012	3.203	17.923	13.703
terrestrische Eutrophierung	EDW	15.553	12.282	17.185	19.901	12.220	20.751	12.430	13.887	5.975	8.131	7.259
aquatische Eutrophierung	EDW	22.920	18.233	42.567	51.031	30.931	2.373	17.703	29.571	9.941	17.430	1.658
Versauerung	EDW	24.224	18.862	31.668	37.057	22.676	24.718	19.430	26.733	7.851	15.666	10.605
Sommersmog MIR + NMIR	EDW	35.391	27.831	39.639	45.482	28.219	46.760	28.202	33.359	13.239	19.411	16.183
Stratosphärischer Ozonabbau	EDW	52.143	39.137	> 100.000 (535476)	> 100.000 (609084)	> 100.000 (395914)	53.870	39.732	> 100.000 (462000)	21.596	> 100.000 (283601)	31.396
Humantoxizität Feinstaub PM 2,5	EDW	32.036	25.077	39.970	46.402	28.542	37.343	25.666	33.878	10.946	19.761	14.695

Abbildung 7.20: Ergebnisse der Normierung der Basisszenarien AF 50

7.4 Ergebnisse der ergänzenden Performanceindikatoren

Wie in Kapitel 3.8 beschrieben, haben wir die Ökobilanz um die Ausweisung eines Sets an Performanceindikatoren erweitert. Diese Indikatoren beschreiben in numerischer Form Sachverhalte, die für die Verpackungssysteme in Form von Parametern wie Verpackungsspezifikationen, Entsorgungswege etc. bereits in die Modellierung der Systeme eingeflossen sind, somit also maßgeblich zur Bilanzierung der in Kapitel 7.2 gezeigten Ergebnisse beigetragen haben.

Ziel der hier gezeigten Performanceindikatoren ist somit wie bereits erwähnt die zusätzliche Visualisierung von Aspekten, die in der (Fach-)Öffentlichkeit oftmals komplementär oder gar konträr zu Ökobilanzergebnissen diskutiert werden. Eine Ausweisung innerhalb der Ökobilanz ermöglicht eine direkte Integration dieser Aspekte in die Auswertung und Interpretation, ermöglicht weiteren beteiligten Kreisen aber auch in der Diskussion auf eine mit der Ökobilanz kohärente Datengrundlage zuzugreifen.

Die Ausweisung der Ergebnisse der Performanceindikatoren ist so gestaltet, dass, äquivalent zu den Ergebnissen der Wirkungsabschätzung, auch hier höhere Beiträge als negativ für das Verpackungssystem interpretiert werden können.

Kategorie	Einheit	Getränkesegment Säfte und Nektare						Getränkesegment H- Milch		Getränkesegment Frischmilch		
		GVK		PET EW			Glas MW	GVK	PET EW	GVK	PET EW	Glas MW
		1,0 l	1,5 l	1,0 l Mono	1,0 l Multi	1,5 l Mono	1,0 l VdF	1,0 l	1,0 l	1,0 l	1,0 l	1,0 l
Verhältnis Packmittel (gesamt) zu Füllgut	kg	81,11	65,75	70,21	74,13	53,94	839,20	68,10	64,59	67,09	66,81	649,09
Materialneueinspeisung in die Verpackungssysteme	kg	54,39	43,48	41,71	45,63	30,19	29,82	44,35	40,84	45,72	43,06	49,84
Anteil der NICHT zur Verwertung erfasster Primärpackmittel	%	27%	27%	49%	49%	49%	14%	27%	49%	27%	49%	14%
Anteil Primärverpackung in thermischer Verwertung	%	58%	58%	100%	100%	100%	15%	58%	100%	58%	100%	15%
Anteil Primärmaterial in der Primärverpackung	%	100%	100%	100%	100%	100%	36%	100%	100%	100%	100%	36%
Anteil nicht erneuerbarer Rohstoffe in der Primärverpackung	%	35%	35%	100%	100%	100%	100%	35%	100%	35%	100%	100%

Abbildung 7.21: Ergebnisse der ergänzenden Performanceindikatoren

Die in kg angegebenen Indikatoren Verhältnis Packmittel (gesamt) zu Füllgut und Materialneueinspeisung in die Verpackungssysteme entsprechen den Ergebnissen zum Referenzfluss aus Kapitel 7.1. Es wird deutlich, dass bei allen Handlingprozessen, wo die Packmittelmenge pro 1.000 Liter Füllgut bewegt werden muss, die leichten Einwegverpackungen GVK und PET EW Vorteile gegenüber den deutlich schweren Glasflaschen aufweisen. Der Indikator zur Materialneueinspeisung nimmt die Umlaufzahlen mit auf und gibt somit eher Hinweise auf den Material- und somit auch auf den Ressourcenbedarf der Verpackungssysteme. Da unterschiedliche Verpackungsmaterialien aber unterschiedliche Umweltlasten pro kg generieren, ist auf dieser Basis keine umweltbezogene Aussage ableitbar.

Im Indikator „Anteil der NICHT zur Verwertung erfassten Primärpackmittel“ zeigen insbesondere die PET-EW-Flaschen hohe Beiträge. Gemäß den Ausführungen von Kapitel 3.8 auch als Proxy für ein mögliches Litteringpotenzial der Gebinde herangezogen werden. Im Rahmen der Ökobilanz wird der Anteil der nicht erfassten Verpackungen der Restmüllsammmlung und somit schließlich einer MVA zugeführt. Die errechneten Werte sind aufgrund der unterschiedlichen Quellen, die für die Ableitung der Entsorgungswege genutzt wurden, nur bedingt vergleichbar. Im Rahmen der Ökobilanzierung ist dieser Aspekt unerheblich, da sowohl die Restmüllroute als auch die Wertstoffsammmlung zu einer thermischen Verwertung der PET-EW-Flaschen führt. Alleinstehend und als Proxy für das Litteringpotenzial sind diese Werte aber vermutlich nicht geeignet. Auch ist bislang zu wenig über die Eintragspfade von Verpackungen in die Umwelt und über Auswaschraten von Littering (sprich einsammeln im Zuge von Straßensäuberung und Grünpflegearbeiten) bekannt.

Die letzten drei Performanceindikatoren adressieren direkt den § 21 des VerpackG. Die PET-EW-Gebinde erfüllen keine der genannten Voraussetzungen, sie sind weder aus Sekundärmaterial hergestellt, noch sind sie recyclingfähig, und nachwachsende Rohstoffe werden im Primärpackmittel auch nicht verwendet. Der GVK zeigt einen hohen Anteil biobasierter Materialien im System und wird zu mindestens 40 % werkstofflich verwertet. Die Glasflaschen sind als Mehrweggebinde prinzipiell nicht dem Regime des § 21 VerpackG unterworfen, schneiden aber in der Beurteilung der definierten Performanceindikatoren vergleichsweise gut ab, bestehen sie doch zu einem hohen Prozentsatz aus Sekundärmaterial und werden auch größtenteils werkstofflich verwertet. Biobasiertes Material findet sich im System Glasflasche nur im Etikett (Papier), das jedoch nur 0,3 % der Gesamtverpackungsmasse ausmacht.

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- Getränkeverbundkartons in den Getränkesegmenten Säfte und Nektare sowie H-Milch und Frischmilch sind leicht und haben somit ein vergleichsweise gutes Verhältnis zwischen Verpackungsmasse und Füllgut. Darüber hinaus sind sie zu einem hohen Anteil

biobasiert, und es besteht eine etablierte Sammel- und Verwertungsstruktur, die auch die werkstoffliche Verwertung adressiert.

- PET-Einwegflaschen in den Getränkesegmenten Säfte und Nektare sowie H-Milch und Frischmilch sind ebenfalls leicht (leichter noch als GVKs), werden jedoch in Deutschland aktuell nicht werkstofflich verwertet. Über die Sammelrate und das damit verbundene Litteringpotenzial soll an dieser Stelle aufgrund der unklaren Datenlage keine Aussage getroffen werden.
- Glas-Mehrwegflaschen sind deutlich schwerer als die Einwegverpackungen, haben aber aufgrund der mehrfachen Wiederverwendung einen vergleichbaren Bedarf an Primärmaterial. Für Behälterglas besteht in Deutschland ein seit Jahren etabliertes Verwertungssystem; entsprechend hoch sind die Zuführungs- und werkstofflichen Verwertungsquoten.

8 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 8.1 statt, indem die im Rahmen der Ergebnisbeschreibung aufgenommen Aspekte verpackungssystemspezifisch zusammengestellt werden. Die Beurteilung der Ergebnisse bedarf, wie bereits in Kapitel 3.9 erwähnt, einer Auswertstrategie. Diese wird in Kapitel 8.2 abgeleitet. Die Beurteilung der Ergebnisse anhand dieser Auswertstrategie ist Teil der Kapitel 8.3 und 8.4. Kapitel 8.3 enthält den Vergleich der untersuchten Getränkeverpackungssysteme mit den für die jeweiligen Getränke-segmente identifizierten Referenzsystem gemäß den Mindestanforderungen des UBA, Kapitel 8.4 dient der Diskussion der Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen und Varianten. Die Ableitung von Schlussfolgerungen, Einschränkungen und Empfehlungen ist Bestandteil des Kapitels 9, das als kondensiertes Fazit der Studie erstellt wird.

8.1 Identifikation signifikanter Parameter

Die Identifikation der signifikanten Parameter stützt sich im Wesentlichen auf die Ergebnisse der Dominanzanalyse. An dieser Stelle sollen die beschriebenen Ergebnisse der Wirkungsabschätzung weitestgehend zusammengefasst werden und mit den in Kapitel 4 beschrieben ergebnisbestimmenden Parametern der einzelnen Verpackungssysteme in Relation gesetzt werden.

Die Ergebnisse der sektoral aufgelösten Wirkungsabschätzung zeigen, dass die Ökobilanz aller untersuchten Getränkeverbundkartons maßgeblich durch die Lebenswegabschnitte der Material- und Packmittelproduktion bestimmt werden. Somit sind in erster Linie die Verpackungsspezifikationen und die spezifische Materialkomposition der Getränkeverbundkartons maßgeblich für deren ökobilanzielle Ergebnisfindung.

Getränkeverbundkartons

Weitere ergebnisrelevante Lebenswegabschnitte sind mit den Umweltlasten der Entsorgung und den damit verbundenen entlastenden Umwelteffekten des allozierbaren Sekundärnutzens verbunden. Dabei zeigt sich, dass in der Wirkungskategorie Klimawandel sowie in der Mehrzahl der übrigen durch Luftschadstoffe bestimmten Wirkungskategorien die Gutschriften aus der thermischen Verwertung die Gutschriften der werkstofflichen Verwertung überschreiten. Dies liegt zum einen an dem hohen Anteil der thermischen Verwertung des Gesamtstoffstroms im Systemmodell der Getränkeverbundkartons und zum anderen an den hohen erzielbaren Gutschriften für die im Rahmen der Verwertung gewonnen Energie, die im Modell zumeist fossil basierte Energieträger ersetzt.

Zusammenfassend lässt sich somit festhalten, dass die Ergebnisse der Getränkekartons durch die Verpackungsgewichte, die spezifische Materialkomposition und die Verwertungswege in Verbindung mit den substituierten Prozessen im Verwertungsdownstream bestimmt werden. In der Wirkungskategorie Klimawandel kommt zudem noch die erteilte CO₂-Gutschrift für den in den nachwachsenden Rohstoffen inkorporierten Kohlenstoff dazu.

Bei den PET-Einwegflaschen sind in nahezu allen ausgewerteten Wirkungskategorien die Umweltlasten der Herstellung der Packmittelrohstoffe deutlich, sowie abgeschwächt die Herstellung der Packmittel selbst, bilanzbestimmend. Darüber hinaus tragen in nahezu allen luftschadstoffbestimmten Wirkungskategorien auch die Beiträge der Verwertung maßgeblich zu den Ergebnissen bei. Im Verhältnis zu den Getränkeverbundkartons sind aber die erzielbaren Gutschriften für die Allokation von Sekundärnutzen aus der Verwertung deutlich weniger ergebnisrelevant. Die Bilanz der PET-Einweggebinde wird somit vor allem von den Verpackungsspezifikationen bestimmt. Relevante Anteile der Umweltlasten entfallen dabei auch auf die Produktion der für den Schutz der Füllgüter notwendigen Barriere aus PA, die auch dazu führt, dass die Gebinde nicht werkstofflich verwertet werden können.

PET Einwegflaschen

Bei den Glas-Mehrweggebinden stehen insbesondere die Lebenswegabschnitte Distribution und Abfüllung inkl. der Reinigung der Mehrwegpackmittel im Vordergrund, wenn es um die Ermittlung der bilanzbestimmenden Faktoren geht. Insbesondere die Lasten der Distribution sind gegenüber den Einwegsystemen deutlich höher, was sich zum einen durch höhere Gesamtdistanzen aufgrund der Notwendigkeit der Gebinderückführung, zum anderen aber auch durch die deutlich höheren Verpackungsgewichte erklären lässt. Die Ergebnisse zum Referenzfluss in Kapitel 7.1 visualisieren die Unterschiede im Verpackungsgewicht, die auch im Rahmen der Allokation der Distributionslasten zwischen Verpackung und Füllgut Anwendung finden.

Glas Mehrwegflaschen

Die Umweltlasten aus der Abfüllung resultieren zum einen aus der Notwendigkeit der Reinigung der rückgenommenen Gebinde vor der Wiederverwendung und zum anderen aus der Notwendigkeit, eine sterile Abfüllung unter Verwendung von Heißdampf herzustellen (nur Getränkesegment Saft). Die hohen Aufwendungen der Gebindereinigung müssen mit den aufgrund der Wiederverwendbarkeit der Flaschen vermiedenen Umweltlasten der Gebindeproduktion ins Verhältnis gesetzt werden. Im Modell der Bilanzierung werden die Lasten der Herstellung und der Entsorgung der Gebinde durch die Anzahl der Umlaufhäufigkeit geteilt (vgl. Darstellung Materialneueinspeisung in die Systeme in Kapitel 7.1). Durch diese Bilanzmethodik erklären sich auch die niedrigen Umweltlasten aus den Lebenswegabschnitten Produktion und Entsorgung bei den Mehrweggebinden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Ergebnisse der Einwegverpackungen durch die Umweltlasten der Materialproduktion und der Entsorgung der Packmittel in Verbindung mit den erzielbaren Sekundärnutzen bestimmt werden. Somit sind für die Einwegsysteme die Parameter Verpackungsspezifikationen und die Daten zu den Umweltlasten der Primärmateriaproduktion und der Packmittelherstellung sowie die Entsorgungswege und die methodischen Festlegungen zur Allokation des Sekundärnutzens von ergebnisbestimmender Bedeutung.

Fazit

Die ökobilanziellen Ergebnisse der Mehrwegpackmittel werden bestimmt durch die Beiträge der Distribution und der Abfüllung, wodurch die Ableitung der Distributionsstrukturen, die methodischen Festlegungen zur Allokation in der Distribution und die Abfülldaten von entscheidender Bedeutung sind. Darüber hinaus sind auch die Umlaufhäufigkeiten der

Gebinde ein wesentlicher Parameter der Bilanzierung, der die Umweltlasten der Packmittelproduktion und -entsorgung in erheblicher Weise skaliert.

Somit sind die folgenden Parameter in besonderer Weise relevant für den Vergleich der ökobilanziellen Ergebnisse der untersuchten Verpackungssysteme:

- Verpackungsspezifikationen im Sinne von Gewichten, Materialkomposition und Umlaufzahlen
- Distribution
- Entsorgungswege und erzielbare Sekundärnutzen der Verwertungsprodukte
- Festlegungen zur Systemallokation und zur Allokation innerhalb der Distribution
- Herkunft, Passgenauigkeit und Qualität der Daten zur Rohmaterialproduktion

Ergebnisbewertende Aussagen und Schlussfolgerungen müssen daher die Validität und Qualität sowie die generelle Angemessenheit dieser Parameter sachgerecht und mit Ausmaß berücksichtigen.

8.2 Auswertestrategie

Im Rahmen der Wirkungsabschätzung wurden für 13 Wirkungskategorien Ergebnisse bilanziert:

- Ressourcenverbrauch (ADP)
- KEA nicht erneuerbar
- Naturraumbeanspruchung
- Wasserverbrauch
- Klimawandel
- terrestrische Eutrophierung
- aquatische Eutrophierung
- Versauerung
- Sommersmog MIR + NMIR
- Stratosphärischer Ozonabbau
- Humantoxizität Feinstaub PM 2,5
- Humantoxizität Krebsrisikopotenzial
- Humantoxizität: ionisierende Strahlung (100a)

Darüber hinaus wurden Ergebnisse für den EinIndikator Umweltbelastungspunkte Deutschland errechnet, der für sich genommen schon eine eigene Auswertestrategie darstellt, die von den Autoren dieser Bilanz aber als nicht sachgerecht für eine vergleichende Ökobilanz nach Maßgabe der ISO 14040ff angesehen wird.

Notwendigkeit einer Auswertestrategie

Die Ergebnisse in Kapitel 7 zeigen, dass keines der untersuchten Verpackungssysteme in all diesen 13 Wirkungskategorien nur Vorteile gegenüber den Vergleichs- und Referenzsystemen zeigt. Ein reines „Auszählen“ der Ergebnisse wird den unterschiedlichen, durch die

Wirkungskategorien beschriebenen Umweltproblemfeldern, nicht gerecht. Insofern ist eine erweiterte Form der Auswertung notwendig, um aus der Vielzahl an Einzelergebnissen belastbare Aussagen für die Diskussion um die Umweltbewertung von Getränkeverpackungen ableiten zu können.

8.2.1 Ableitung einer ökologischen Priorität gemäß Bewertung 1999

Eine probate Form der Auswertung ist es, eine ökologische Priorisierung zwischen den Wirkungskategorien abzuleiten. An dieser Stelle wird entsprechend den Mindestanforderungen des UBA auf die Grundlagenarbeit, die das UBA in „Bewertung 99“ hinsichtlich Methodik der Ableitung und Definition von Werten für die Parameter „ökologische Gefährdung“ und „Abstand zum Zielwert“ geleistet hat, zurückgegriffen. Diese beiden Parameter sind wie folgt definiert:

Bewertung 1999 als Modell der Mindestanforderungen

- **Ökologische Gefährdung:** Kriterium, mit dem Wirkungskategorien danach beurteilt werden, für wie schwerwiegend die mit ihnen verbundenen Schäden auf die ökologischen Schutzgüter einzuschätzen sind.
- **Abstand zum Zielwert:** Kriterium zur Beurteilung von Wirkungskategorien; eingeschätzter Abstand des gegenwärtigen vom anzustrebenden Umweltzustand in dieser Wirkungskategorie.

Diese Parameter wurden in „Bewertung 99“ für einzelne Wirkungskategorien definiert. Für die Bildung der ökologischen Priorität bedarf es aber noch einer dritten, in jeder Ökobilanz neu zu bestimmenden Größe, den spezifischen Beitrag. Dieser errechnet sich auf Basis der Normierung. Bei der Rangbildung der Ergebnisse unterschiedlicher Wirkungskategorien innerhalb einer konkreten Ökobilanz sind jedoch nicht die absoluten spezifischen Beiträge der einzelnen Wirkungskategorien von Bedeutung, sondern ihre relative Größe beim Vergleich der Wirkungskategorien untereinander. Hierfür werden die berechneten spezifischen Beiträge linear, gemessen am jeweils größten berechneten Wert, in fünf Klassen wie folgt unterteilt:

- A: 80-100 % des Maximalwerts
- B: 60-80 % des Maximalwerts
- C: 40-60 % des Maximalwerts
- D: 20-40 % des Maximalwerts
- E: 0-20 % des Maximalwerts

Die Ergebnisse der Wirkungskategorie ODP werden nicht bei der Bildung der Prozentwerte berücksichtigt, da sonst alle übrigen Wirkungskategorien in die Klassen D oder E eingeteilt würden und somit eine sachgerechte Abbildung der ökologischen Priorität nur noch sehr eingeschränkt möglich wäre. Stattdessen wird der Wirkungskategorie ODP ein spezifischer Beitrag der Klasse A zugeordnet.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wird die ökologische Priorität für die drei untersuchten Getränkesegmente gemeinsam durchgeführt. Eine Differenzierung nach Getränkesegmenten führt üblicherweise nur zu minimalen Verschiebungen in der Priorisierung. Da die Auswertung nach Bewertung 1999 in dieser Studie nicht für sich allein steht, wird diese Vereinfachung als annehmbar bewertet.

In der nachfolgenden Tabellen 8.1 sind die Parameter „ökologische Gefährdung“, „Abstand zum Zielwert“ und „spezifischer Beitrag“ aufgeführt. Die Berechnung erfolgt nach Maßgabe von „Bewertung 99“. Das Ergebnis ist in der Spalte Ökologische Priorität aufgelistet. Wirkungskategorien, die in „Bewertung 99“ so nicht integriert waren, blieben in der Priorisierung unberücksichtigt.

Tabelle 8.1: Ableitung der ökologischen Priorität für das Getränkesegment Säfte und Nektare

Wirkungskategorie	Ökologische Gefährdung	Abstand zum Zielwert	Spezifischer Beitrag	Ökologische Priorität
Ressourcenverbrauch (ADP)	C*	B*	nicht berechnet	ohne Priorisierung
KEA nicht erneuerbar	C*	B*	A	groß
Naturraumbeanspruchung	A	B	C	groß
Wasserverbrauch	nicht bewertet in UBA 1999			ohne Priorisierung
Klimawandel	A	A	B	sehr groß
terr. Eutrophierung	B	B	D	mittel
aq. Eutrophierung	B	C	B	groß
Versauerung	B	B	B	groß
Sommersmog	D	B	B	mittel
ODP	A	D	A	groß
Feinstaub PM 2.5	nicht bewertet in UBA 1999		B	ohne Priorisierung
Krebsrisikopotenzial	nicht bewertet in UBA 1999		nicht berechnet	ohne Priorisierung
ionisierende Strahlung	nicht bewertet in UBA 1999		nicht berechnet	ohne Priorisierung

* Bewertung ökologische Gefährdung und Abstand zum Zielwert, übernommen von der Wirkungskategorie fossiler Ressourcenverbrauch

Zusammenfassend lässt sich die folgende ökologische Priorisierung für den Vergleich der Bilanzergebnisse festhalten:

Ergebnisse der ökologischen Priorisierung

- Wirkungskategorien mit sehr großer ökologischer Priorität:
 - Klimawandel
- Wirkungskategorien mit großer ökologischer Priorität:
 - KEA nicht erneuerbar
 - Naturraumbeanspruchung
 - Aquatische Eutrophierung
 - Versauerung
 - ODP
- Wirkungskategorien mit mittlerer ökologischer Priorität:
 - Terrestrische Eutrophierung
 - Sommersmog

- Wirkungskategorien ohne ökologische Priorisierung:
 - Ressourcenverbrauch ADP
 - Wasserverbrauch
 - Feinstaub PM 2.5
 - Krebsrisikopotenzial
 - Ionisierende Strahlung

8.2.2 Einschätzung der Belastbarkeit der Wirkungskategorien

Die Belastbarkeit einer Wirkungskategorie wird durch zwei Faktoren bestimmt.

1. Wie gut ist das Denk- und Berechnungsmodell der Wirkungskategorie? Sprich: in welcher Art und Weise werden die potenziellen Umweltfolgen durch die Wirkungskategorie beschreiben, auf welcher Basis sind die Charakterisierungsfaktoren abgeleitet etc.?
2. Wie vollständig decken die verwendeten Datensätze die für die Berechnung der Wirkungskategorie notwendigen Elementarflüsse ab? Sprich: liegen überhaupt alle notwendigen Einzelergebnisse vor, um die Wirkungskategorie sachgerecht zu berechnen oder ergeben sich Verzerrungen, weil nur ein Teil der notwendigen Emissionen überhaupt berechnet werden konnte?

Die Einteilung erfolgt in die drei Kategorien Gut, Ausreichend und Mangelhaft. Im Folgenden sollen die ausgewerteten Wirkungskategorien einzeln bewertet werden:

Bewertung der Validität

- Wirkungskategorie Ressourcenverbrauch (ADP) wird als **ausreichend** bewertet, die für die Bilanzierung der Wirkungskategorie notwendigen Daten liegen vor, doch die Ableitung der Charakterisierungsfaktoren ist wenig transparent und im Sinne des beschriebenen Problemfeldes (der Endlichkeit der Ressourcen) auch nicht vollständig (es fehlt die Berücksichtigung der Reichweite). Die Wirkungskategorie ist dennoch guter internationaler Standard, doch haftet ihr der Nimbus einer Notlösung an.
- Wirkungskategorie KEA nicht erneuerbar wird als **gut** bewertet, da der KEA für sich nicht den Anspruch erhebt, potenzielle Umweltproblemfelder zu beschreiben. Er wird in der vorliegenden Studie als Proxy für den Verbrauch fossiler Energieträger in stofflicher wie thermischer und elektrischer Nutzung verwendet. Die Daten zur Bilanzierung liegen vollständig vor, die Verrechnung zu einer Einheit erfolgt über den unteren Heizwert als Charakterisierungsfaktor.
- Wirkungskategorie Naturraumbeanspruchung wird **mangelhaft** bewertet, denn für die Wirkungskategorie Naturraumbeanspruchung liegt seit Neuestem ein Bewertungsmodell vor, das den verschiedenen Hemerobieklassen Charakterisierungsfaktoren zuweist. Dafür muss in den Datensätzen der Bilanzierung hinterlegt sein, welche Flächeninanspruchnahme mit dem Prozess verbunden ist und in welche Hemerobieklasse die in Anspruch genommene Fläche gehört. Dies ist für die Forstprozesse ausreichend gut abgebildet, nicht aber für die Mehrzahl der anderen Datensätze. Insofern entsteht bei der Auswertung dieser Wirkungskategorie ein Ungleichgewicht zwischen den verschiedenen Getränkeverpackungssystemen, das nicht zwingend systembedingt ist, sondern unter Umständen durch unzureichende Informationen in den Datensätzen für die Bilanzierung hervorgerufen wird.

- Wirkungskategorie Wasserverbrauch wird als **mangelhaft** bewertet. Die Wirkungskategorie kann derzeit datenseitig nur unzureichend bedient werden. Zwar lassen sich die Datensätze hinsichtlich der Parameter Prozesswasserverbrauch, Kühlwasserverbrauch und Wasserverbrauch unspezifisch auswerten, doch fehlen derzeit die notwendigen räumlichen Informationsgrößen. Auch kann nicht ausgewertet werden, aus welcher Quelle das Wasser bezogen wird (Oberflächenwasser oder Grundwasser). Somit sind die definierten Charakterisierungsfaktoren nicht anwendbar und die Unschärfe bei der Ergebnisdarstellung bleibt zu groß für die Ableitung belastbarer Aussagen.
- Wirkungskategorie Klimawandel wird als **gut** bewertet. Sowohl Charakterisierungsmodell als auch die für die Berechnung verwendeten Daten weisen eine hohe Validität auf (zumal die allermeisten klimarelevanten Emissionen von Prozessen auf simplem Wege über eine stöchiometrische Berechnung ermittelt und validiert werden können). Im direkten Vergleich weist die Wirkungskategorie Klimawandel die höchste Belastbarkeit aller ausgewerteten Wirkungskategorien auf.
- Wirkungskategorie terrestrische Eutrophierung wird als **gut** bewertet. Das der Wirkungskategorie zugrundeliegende Berechnungsmodell bildet die Umweltwirkungen sachgerecht ab, die Charakterisierungsfaktoren sind sachgerecht abgeleitet und können im Rahmen der Bilanzierung vollumfänglich bedient werden.
- Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung wird als **ausreichend** bewertet. Zwar bildet das der Wirkungskategorie zugrundeliegende Berechnungsmodell die Umweltwirkungen sachgerecht ab, und auch die Charakterisierungsfaktoren sind sachgerecht abgeleitet, doch können im Rahmen der Bilanzierung nicht alle notwendigen Daten ermittelt werden, da bereits auf Ebene der Sachbilanz für die Mehrzahl aller abwasser-generierenden Prozesse sachgerechte Angaben zum chemischen Sauerstoffbedarf (CSB) und zum biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB) fehlen.
- Wirkungskategorie Versauerung wird als **gut** bewertet. Das der Wirkungskategorie zugrundeliegende Berechnungsmodell bildet die Umweltwirkungen sachgerecht ab, die Charakterisierungsfaktoren sind sachgerecht abgeleitet und können im Rahmen der Bilanzierung vollumfänglich bedient werden.
- Wirkungskategorie Sommersmog wird als **gut** bewertet. Das der Wirkungskategorie zugrundeliegende Berechnungsmodell bildet die Umweltwirkungen sachgerecht ab, die Charakterisierungsfaktoren sind sachgerecht abgeleitet und können im Rahmen der Bilanzierung vollumfänglich bedient werden.
- Wirkungskategorie ODP wird als **ausreichend** bewertet. Die Wirkungskategorie stratosphärischer Ozonabbau (ODP) wird in der aktuellen Auswertung der PET-EW-Gebinde massiv durch den Schadstoff Methylbromidmissionen (CH_3Br) beeinflusst, welcher im Rahmen der Produktion von Terephtalsäure (PTA) entsteht. Die PTA-Produktion wird im PET-Datensatz mit Daten aus einer externen Quelle (CPME 2016) beschrieben. Die Validität der CH_3Br -Emissionen im Rahmen der PET-Herstellung konnte durch die Autoren des PET-Datensatzes im Rahmen der kritischen Begutachtung dieser Studie bestätigt werden. Im Rahmen der Auswertestrategie sollen jedoch die Ergebnisse der Normierung für diese Wirkungskategorie nicht überinterpretiert werden, sprich, es soll zu keiner Abwertung der spezifischen Beiträge der anderen Wirkungskategorien kommen.
- Wirkungskategorie Feinstaub PM 2.5 wird als **gut** bewertet. Das der Wirkungskategorie zugrundeliegende Berechnungsmodell bildet die Umweltwirkungen sachgerecht ab, die Charakterisierungsfaktoren sind sachgerecht abgeleitet und können im Rahmen der Bilanzierung vollumfänglich bedient werden.

- Wirkungskategorie Krebsrisikopotenzial wird als **ausreichend** bewertet. Allgemein gehen Ökobilanzergebnisse zur Human- und Ökotoxizität häufig mit Unsicherheiten einher. Dies liegt zum Teil an unvollständigen Sachbilanzdaten und Datenasymmetrien, zum anderen Teil aber auch an lückenhaften Methoden zur Wirkungsabschätzung und an Unsicherheiten in den Charakterisierungsfaktoren.
- Wirkungskategorie ionisierende Strahlung **mangelhaft** Das der Wirkungskategorie ionisierende Strahlung zugrundeliegende Bewertungsmodell betrachtet nur Emissionen aus dem Regelbetrieb von Atomkraftwerken. Damit bleibt ein nicht unerheblicher Teil möglicher Emissionen durch die Rohstoffgewinnung unberücksichtigt. Die Ergebnisse der Auswertung bilden daher lediglich den Anteil an Atomstrom im Systemraum ab. Dieser Anteil ist jedoch vor allem bedingt durch die Auswahl an Datensätzen und die darin enthaltenen Energievorketten. Dies spiegelt nicht immer zwangsläufig die reale Wertschöpfungskette ab, da teilweise nur gesamteuropäische Datensätze zur Verfügung stehen.

Im Rahmen der Auswertung sollen keine Wirkungskategorien aufgrund mangelhafter Belastbarkeit ausgeschlossen werden, die Validität der Ergebnisse ist aber bei der Ableitung von Schlussfolgerungen entsprechend zu berücksichtigen.

8.2.3 Lokalisierung potenzieller Umweltwirkungen

Alle ausgewerteten Wirkungskategorien geben grundsätzlich nur Wirkpotenziale an, d.h. sie geben Auskunft über möglicherweise eintreffende Umweltauswirkungen. Weiterhin ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten, dass verschiedene Emissionen in verschiedenen Wirkungskategorien gewertet werden (bspw. NO_x in terrestrischer Eutrophierung und Sommersmog sowie Feinstaub), eine gewisse Doppelzählung also nicht ausgeschlossen werden kann.

Ökobilanzen untersuchen zwar definierte geographische Räume, eine Lokalisierung der potenziellen Umweltwirkungen findet aber nicht statt, insofern kann auf Basis von Ökobilanzergebnissen auch kein Vergleich mit eventuell vorhandenen Vorbelastungen stattfinden.

**Wo finden die Umwelt-
auswirkungen statt?
Ein Ansatz zur Ergebnis-
Clusterung**

Dennoch können Aussagen zur geographischen Wirksamkeit der potenziellen Umweltauswirkungen, die mit den Ergebnissen der Wirkungskategorien ausgedrückt werden, ein Ansatz zur Clusterung der Ergebnisse sein. Dabei ist zu unterscheiden, ob die potenziellen Umweltauswirkungen eine globale, regionale oder lokale Dimension erreichen. Dieser Ansatz zur Ergebnis-Clusterung ist neu und wird in dieser Studie das erste Mal dokumentiert und angewendet. Dabei sollen diese Dimensionen wie folgt definiert sein:

- Globale Dimension bedeutet, dass die potenziellen Umweltfolgen globale Auswirkungen haben, unabhängig davon, wo die Emission stattfindet. Wirkungskategorien, die potenzielle Umweltfolgen globaler Dimension abbilden, sind der *Klimawandel* und der *stratosphärische Ozonabbau* (ODP) sowie die *ionisierende Strahlung*. Auch der *Verbrauch fossiler Ressourcen* wird in die globale Dimension eingeordnet, nicht, weil die Umweltauswirkungen so weitreichend sind, sondern weil das Schutzziel das Thema der intergenerativen Gerechtigkeit im Sinne der langfristigen Ressourcenverfügbarkeit mit adressiert, das definitiv eine globale Dimension berührt.
- Die regionale Dimension ist deutlich weiter gefasst als dies der Begriff der Regionalität in anderen Kontexten (bspw. Distribution) ist. Gemeint sind hier eher „Weltregionen“ wie bspw. Nord- oder Westeuropa oder Subsahara etc. Insbesondere Wirkungskate-

gorien, die durch Luftschadstoffe beeinflusst werden, sind in diese regionale Dimension einzuordnen, da Luftschadstoffe eine weitreichende und vor allem auch grenzüberschreitende Ausbreitung erfahren (daher kann die Dimension nicht national heißen). Auch wenn die durch die Wirkungskategorien abgebildeten potenziellen Umweltfolgen durchaus weltweit zu problematisieren sind, besteht dennoch in der Regel eine stärkere Beziehung zwischen Quelle und Auswirkung, als dies bei den Umweltwirkungskategorien der globalen Dimension der Fall ist. Wirkungskategorien, die potenzielle Umweltfolgen der regionalen Dimension abbilden, sind die *terrestrische Eutrophierung*, die *Versauerung*, der *Sommersmog* und *Feinstaub PM_{2,5}* sowie das *Krebsrisikopotenzial*.

- Lokale Dimension bedeutet, dass die mit der jeweiligen Wirkungskategorie ausgedrückten potenziellen Umweltfolgen primär auf das nahe Umfeld der Emissionsquelle beschränkt bleiben. Dazu gehören insbesondere die Wirkungskategorien, die eine prinzipiell lokalisierbare Ressourcennutzung beschreiben wie *Naturraumbeanspruchung* (im Falle der vorliegenden Studie vor allem Wald in Skandinavien für die Erzeugung von Primärzellstoff) oder *Wasserverbrauch*. Aber auch emissionsbezogene Wirkungskategorien können eine lokale Dimension entfalten wie bspw. die *aquatische Eutrophierung*, die primär von direkten Emissionen in Oberflächengewässer bestimmt wird, sprich die potenziellen Umweltfolgen finden im lokalen Umfeld der Abwassereinleitung statt. Mit größerem Abstand zur Quelle tritt ein stärker werdender Verdünnungseffekt auf. An dieser Stelle soll dennoch erwähnt werden, dass die Mehrheit der Oberflächengewässer in Deutschland und Europa derzeit eine eher schlechte Wasserqualität aufweist, sprich das Thema der aquatischen Eutrophierung durchaus auf regionaler Ebene zu verhandeln ist. Primäre Eintragspfade sind aber neben den Abwassereinleitungen vor allem die diffusen Emissionen ins Wasser aus der Landwirtschaft. Landwirtschaftliche Prozesse werden aber im Rahmen dieser Studie nicht betrachtet, da keine Anbaubiomasse in den Systemmodellen betrachtet wird. Insofern adressiert die aquatische Eutrophierung in dieser Studie lediglich die lokale Dimension.

Wie bereits erwähnt, dient die Einschätzung über die Lokalisierung der potenziellen Umweltauswirkungen primär der Clusterung als Hilfestellung für die Auswertung. Es soll an dieser Stelle keine Wichtung vorgenommen werden in dem Sinne, dass globale Umweltauswirkungen schwerwiegender seien als lokale. Zu beachten ist jedoch, dass lokalen Umweltauswirkungen auf einen adere Art und Weise begegnet werden kann und muss als globalen Umweltproblemen.

8.2.4 Zusammenfassung

Die nachfolgende Tabelle 8.2 fasst die Ergebnisse der drei diskutierten Ansätze zur Auswertung der Ergebnisse zusammen. Zur besseren Übersicht sind die Bewertungen noch in ein A-B-C Schema übersetzt und mit Farbcodes hinterlegt.

Auch wenn eine weitere Aggregation der Strategien zu einer Auswertung auf der Hand liegt, soll sie dennoch nicht durchgeführt werden, weil der Informationsverlust zu groß wäre und an dieser Stelle keine Bewertung stattfinden soll, ob globale Umweltprobleme drängender sind als lokale.

Zusammenfassen - nicht verrechnen!

Die Zusammenfassung zeigt aber deutlich, dass bspw. der Wirkungskategorie Klimawandel im Rahmen der Auswertung ein hohes Gewicht zukommen muss, ist sie doch erstens mit hoher ökologischer Priorität bewertet, zweitens sehr valide in der Ergebnisfindung und

beschreibt sie drittens ein globales Umweltproblem. Andere Wirkungskategorien hingegen wie bspw. der Wasserverbrauch sind in ihrer Ergebnisvalidität schwerer zu bewerten und hinsichtlich ihrer potenziellen Umweltauswirkungen auch nur schwer auf Ebene der nicht gebietsscharfen Ergebnisse einer Ökobilanz zu bewerten.

Tabelle 8.2: Zusammenfassung der verschiedenen Auswertestrategien

Wirkungskategorie	Ökologische Priorität			Validität		Lokalisierung
Ressourcenverbrauch (ADP)	O	ohne	B	Ausreichend	A	global
KEA nicht erneuerbar	B	groß	A	Gut	A	global
Naturraumbeanspruchung	B	groß	C	Mangelhaft	C	Lokal
Wasserverbrauch	O	ohne	C	Mangelhaft	C	Lokal
Klimawandel	A	sehr groß	A	Gut	A	Global
terr. Eutrophierung	C	mittel	A	Gut	B	Regional
aq. Eutrophierung	B	groß	B	Ausreichend	C	Lokal
Versauerung	B	groß	A	Gut	B	Regional
Sommersmog	C	mittel	A	Gut	B	Regional
ODP	B	groß	B	Ausreichend	A	Global
Feinstaub PM 2.5	O	ohne	A	Gut	B	Regional
Krebsrisikopotenzial	O	ohne	B	Ausreichend	B	Regional
ionisierende Strahlung	O	ohne	C	Mangelhaft	A	Global

Im Rahmen des Ergebnisvergleichs sollen die drei Auswertestrategien gleichrangig zur Anwendung kommen. Sollten sich dabei unterschiedliche Vergleichsergebnisse ergeben, wird eine erweiterte Diskussion unumgänglich sein.

Generell sollen im Rahmen des Ergebnisvergleichs abschließende Vergleichsaussagen angesichts der systemimmanenten Unsicherheiten einer ökobilanziellen Berechnung stets mit der gebotenen Vorsicht getroffen werden. Auf die Formulierung von Prämissen für die Ergebnisfindung – wie sie noch für die Auswertung der 2019er Studie abgeleitet wurden – wird daher an dieser Stelle verzichtet.

Keine übergeordneten Prämissen für die Auswertung

8.3 Ergebnisvergleich der Basisszenarien

Im Folgenden findet nun der Vergleich der Ergebnisse unter Anwendung der Auswertestrategie statt. Dabei werden die untersuchten Verpackungssysteme einzeln mit dem Referenzsystem im Getränke-segment verglichen.

Entsprechend den Mindestanforderungen an Getränkeverpackungsökobilanzen des UBA ist immer die Mehrwegflasche mit der größten Marktbedeutung das Referenzsystem. Im Falle des Getränke-segmentes Säfte und Nektare also die Glas-MW-(VdF)-1,0-l-Flasche und im Falle des Getränke-segmentes Frischmilch die Glas-MW-1,0-l-Flasche. Im Falle des Ge-

Vergleich mit dem Referenzsystem

tränkesegmentes H-Milch konnte keine Mehrwegflasche identifiziert werden. Daher wird das als ökologisch vorteilhaft eingestufte Verpackungssystem Referenzgebinde.

Der Vergleich der Ergebnisse berücksichtigt die in Kapitel 3.9 definierte Signifikanzschwelle. Demnach werden Ergebnisunterschiede nur dann gewertet, wenn sie die Schwelle von 10 % überschreiten.

Die Darstellung erfolgt tabellarisch in Form von Prozentwerten. Positive Prozentwerte zeigen höhere Nettoergebnisse als das Referenzsystem, negative Prozentwerte geringere Nettowerte als das Referenzsystem. Zur besseren Visualisierung der Ergebnisse sind die Tabellen mit einem Farbcode versehen. Grüne Felder zeigen Vorteile gegenüber dem Referenzsystem, rote Felder Nachteile. Solange die Werte unterhalb der Signifikanzschwelle liegen (+/- 10 %), sind die Felder grau eingefärbt. Dargestellt und diskutiert werden die Ergebnisse der Basisszenarien mit Allokationsfaktor 50 % und 100 %.

**Relativer Ergebnisvergleich
in Form von Prozentwert-
tabellen**

8.3.1 Ergebnisse für das Getränkesegment Säfte und Nektare

Kategorie	Getränkesegment Säfte und Nektare									
	Allokationsfaktor 50%					Allokationsfaktor 100%				
	1,0 l Glas MW vs.					1,0 l Glas MW vs.				
	1,0 l GVK	1,5 l GVK	1,0 l PET EW Mono	1,0 l PET EW Multi	1,5 l PET EW Mono	1,0 l GVK	1,5 l GVK	1,0 l PET EW Mono	1,0 l PET EW Multi	1,5 l PET EW Mono
Ressourcenverbrauch (ADP)	-4,6%	-31%	83%	105%	30%	-29,8%	-51%	61%	82%	14%
KEA nicht erneuerbar	3,3%	-24%	97%	123%	41%	-22,7%	-45%	75%	99%	25%
Naturraumbanspruchung	4937%	4378%	43%	45%	-6,1%	3627%	3161%	36%	38%	-12,4%
Wasserverbrauch	100%	53%	4064%	5696%	2892%	98%	52%	4058%	5691%	2887%
Klimawandel	-45%	-64%	46%	69%	4,4%	-37%	-57%	59%	83%	13,4%
terrestrische Eutrophierung	-25%	-41%	-17%	-4,1%	-41%	-32%	-47%	-18%	-5,3%	-42%
aquatische Eutrophierung	866%	669%	1694%	2051%	1204%	621%	461%	1460%	1775%	1034%
Versauerung	-2,0%	-24%	28%	50%	-8,3%	-19,2%	-39%	22%	44%	-12,5%
Sommersmog MIR + NMIR	-24%	-40%	-15%	-2,7%	-40%	-32%	-47%	-17%	-4,4%	-41%
Stratosphärischer Ozonabbau	-3,2%	-27%	894%	1031%	635%	-6,2%	-31%	972%	1121%	694%
Humantoxizität Feinstaub PM 2,5	-14%	-33%	7,0%	24%	-24%	-27%	-44%	3,6%	21%	-26%
Humantoxizität Krebsrisikopotenzial	166%	108%	103%	131%	47%	162%	105%	95%	122%	42%
Humantoxizität: ionisierende Strahlung (100a)	683%	578%	172%	206%	89%	599%	501%	157%	192%	79%
Umweltbelastungspunkte Dtl. (komplett)	-44%	-64%	46%	69%	4%	-37%	-57%	59%	83%	13%

Abbildung 8.1: Relativer Ergebnisvergleich der Basisszenarien im Getränkesegment Säfte und Nektare unter Anwendung der Signifikanzschwelle

Unter Anwendung der Auswertestrategie lassen sich anhand der Ergebnisse der Wirkungsabschätzung die folgenden Ergebnisse formulieren:

Im Vergleich mit der 1,0-l-Glas-Mehrwegflasche (VdF) zeigt der 1,0-l-GVK im Getränkesegment Säfte und Nektare unter den Randbedingungen der Allokation 50 %

**Ergebnisse für den 1,0 l
Getränkekarton im Ge-
tränkesegment Säfte und
Nektare**

- in der mit sehr großer ökologischer Priorität bewerteten Wirkungskategorie Klimawandel Vorteile
- in den mit großer ökologischer Priorität bewerteten Wirkungskategorien *KEA nicht erneuerbar*, *Naturraumbeanspruchung*, *aquatische Eutrophierung*, *Versauerung* und *ODP* in Summe zwei Nachteile und drei Unterschiede unterhalb der Signifikanzschwelle
- in den mit mittlerer ökologischer Priorität bewerteten Wirkungskategorien *terrestrische Eutrophierung* und *Sommersmog* Vorteile
- in den Wirkungskategorien, für die keine Priorisierung abgeleitet werden konnte – *ADP*, *Wasserverbrauch*, *Feinstaub PM_{2,5}*, *Krebsrisiko* und *ionisierende Strahlung* –, in Summe einen Vorteil, drei Nachteile und einen Unterschied unterhalb der Signifikanzschwelle
- in den Wirkungskategorien, die mit guter Validität bewertet wurden – *KEA nicht erneuerbar*, *Klimawandel*, *terrestrische Eutrophierung*, *Versauerung*, *Sommersmog* und *Feinstaub PM_{2,5}* –, in Summe vier Vorteile und zwei Unterschiede unterhalb der Signifikanzschwelle
- in den Wirkungskategorien, die mit ausreichender Validität bewertet wurden – *ADP*, *aquatische Eutrophierung*, *ODP* und *Krebsrisiko* –, in Summe zwei Nachteile und zwei Unterschiede unterhalb der Signifikanzschwelle
- in den Wirkungskategorien, die mit mangelhafter Validität bewertet wurden – *Naturraumbeanspruchung*, *Wasserverbrauch* und *ionisierende Strahlung* –, in Summe drei Nachteile
- in den Wirkungskategorien, die Umweltproblemfelder mit einer globalen Dimension adressieren – *ADP*, *KEA nicht erneuerbar*, *Klimawandel*, *ODP* und *ionisierende Strahlung* –, in Summe einen Vorteil, einen Nachteil und drei Unterschiede unterhalb der Signifikanzschwelle
- in den Wirkungskategorien, die Umweltproblemfelder mit einer regionalen Dimension adressieren – *terrestrische Eutrophierung*, *Versauerung*, *Sommersmog*, *Feinstaub PM_{2,5}* und *Krebsrisiko* –, in Summe drei Vorteile und einen Nachteil sowie einen Unterschied unterhalb der Signifikanzschwelle
- in den Wirkungskategorien, die Umweltproblemfelder mit einer lokalen Dimension adressieren – *Naturraumbeanspruchung*, *Wasserverbrauch* und *aquatische Eutrophierung* –, in Summe drei Nachteile

Die Anwendung der 100%-Allokation verändert die Ergebnisse dahingehend, dass die nicht signifikanten Unterschiede sich mehrheitlich zu Vorteilen für den GVK 1,0 l im Vergleich mit der Glas MW (VdF) 1,0 l entwickeln. Ausnahme bleibt die Wirkungskategorie ODP.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die hier betrachteten Wirkungskategorien sowohl Vergleichsergebnisse zugunsten des GVK 1,0l als auch solche zugunsten des Referenzsystems Glas MW (VdF) 1,0 l zeigen. Daher lässt sich in der Gesamtschau der herangezogenen Wirkungskategorien und der dargestellten Auswertestrategien kein gesamt-ökologischer Vor- oder Nachteil für eines der beiden Systeme ableiten.

Im Vergleich mit der 1,0-l-Glas-Mehrwegflasche (VdF) zeigt der 1,5-l-GVK im Getränke-segment Säfte und Nektare unter den Randbedingungen der Allokation 50 %

**Ergebnisse für den 1,5 l
GVK im Getränke-segment
Säfte und Nektare**

- in der mit sehr großer ökologischer Priorität bewerten Wirkungskategorie Klimawandel Vorteile
- in den mit großer ökologischer Priorität bewerten Wirkungskategorien *KEA nicht erneuerbar*, *Naturraumbeanspruchung*, *aquatische Eutrophierung*, *Versauerung* und *OPD* in Summe drei Vorteile und zwei Nachteile
- in den mit mittlerer ökologischer Priorität bewerten Wirkungskategorien *terrestrische Eutrophierung* und *Sommersmog* Vorteile
- in den Wirkungskategorien, für die keine Priorisierung abgeleitet werden konnte – *ADP*, *Wasserverbrauch*, *Feinstaub PM_{2,5}*, *Krebsrisiko* und *ionisierende Strahlung* –, in Summe zwei Vorteile und drei Nachteile
- in den Wirkungskategorien, die mit guter Validität bewertet wurden – *KEA nicht erneuerbar*, *Klimawandel*, *terrestrische Eutrophierung*, *Versauerung*, *Sommersmog* und *Feinstaub PM_{2,5}* –, in Summe Vorteile
- in den Wirkungskategorien, die mit ausreichender Validität bewertet wurden – *ADP*, *aquatische Eutrophierung*, *ODP* und *Krebsrisiko* –, in Summe zwei Vorteile und zwei Nachteile
- in den Wirkungskategorien, die mit mangelhafter Validität bewertet wurden – *Naturraumbeanspruchung*, *Wasserverbrauch* und *ionisierende Strahlung* –, in Summe drei Nachteile
- in den Wirkungskategorien, die Umweltproblemfelder mit einer globalen Dimension adressieren – *ADP*, *KEA nicht erneuerbar*, *Klimawandel*, *ODP* und *ionisierende Strahlung* –, in Summe Vorteile
- in den Wirkungskategorien die Umweltproblemfelder mit einer regionalen Dimension adressieren – *terrestrische Eutrophierung*, *Versauerung*, *Sommersmog*, *Feinstaub PM_{2,5}* und *Krebsrisiko* –, in Summe vier Vorteile und einen Nachteil
- in den Wirkungskategorien, die Umweltproblemfelder mit einer lokalen Dimension adressieren – *Naturraumbeanspruchung*, *Wasserverbrauch* und *aquatische Eutrophierung* –, in Summe drei Nachteile

Die Anwendung der 100%-Allokation verändert die Ergebnisse nicht.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die hier betrachteten Wirkungskategorien sowohl Vergleichsergebnisse zugunsten des GVK 1,5 l als auch solche zugunsten des Referenzsystems Glas MW (VdF) 1,0 l zeigen. Insbesondere hinsichtlich der lokalen Umweltwirkungen bestehen Nachteile. Daher lässt sich trotz der überwiegenden Vorteile in den globalen Umweltproblemfeldern in der Gesamtschau der herangezogenen Wirkungskategorien und der dargestellten Auswertestrategien kein gesamtökologischer Vor- oder Nachteil für eines der beiden Systeme ableiten.

Die 1,0-l-PET-Einwegflasche Monolayer zeigt gegenüber der 1,0-l-Glas-Mehrwegflasche (VdF) in 10 von 13 Wirkungskategorien signifikante Nachteile. Nur in den Wirkungskategorien mit mittlerer ökologischer Priorität wie terrestrischer Eutrophierung und Sommersmog, die zwar hinsichtlich ihrer Validität gut bewertet sind, aber hinsichtlich ihrer potenziellen Umweltauswirkungen nur eine regionale Dimension adressieren, zeigt das System PET-EW-1,0-l-Monolayer Vorteile. In der Wirkungskategorie Feinstaub ist der Unterschied zum System Glas MW (VdF) 1,0 l unterhalb der Signifikanzschwelle. Dieser Befund ändert sich auch nicht durch den Wechsel der Annahmen zur Systemallokation.

Ergebnisse für die 1,0 l PET EW Monolayer im Getränkesegment Säfte und Nektare

In der Gesamtschau kann somit – unter Berücksichtigung der herangezogenen Wirkungskategorien und der dargestellten Auswertestrategien – für die PET-Einwegflasche (Monolayer) 1,0 I ein gesamtökologischer Nachteil gegenüber dem Referenzsystem Glas MW (VdF) 1,0 I festgestellt werden.

Die 1,0-I-PET-Einwegflasche Multilayer ist schwerer als die Monolayerflasche und setzt noch mehr PA ein. Entsprechend sind die bilanzierten Ergebnisse für alle Wirkungskategorien in der Summe höher als die der Monolayerflasche. Im Rahmen des Ergebnisvergleichs lässt sich somit feststellen, dass die beim Monolayersystem noch vorhandenen Vorteile sich zu nicht signifikanten Unterschieden entwickelt haben und nunmehr auch die Wirkungskategorie Feinstaub PM 2,5 als Nachteil für die 1,0-I-PET-EW-Multilayerflasche zu werten ist.

Ergebnisse für die 1,0 I PET EW Multilayer im Getränke-segment Säfte und Nektare

Somit kann in der Gesamtschau – unter Berücksichtigung der herangezogenen Wirkungskategorien und der dargestellten Auswertestrategien – für die PET-Einwegflasche (Multilayer) 1,0 I ein gesamtökologischer Nachteil gegenüber dem Referenzsystem Glas MW (VdF) 1,0 I festgestellt werden.

Der relative Vergleich der 1,5-I-PET-EW-Multilayerflasche mit dem 1,0-I-Glas-MW-Referenzsystem (VdF) zeigt wiederum auf den ersten Blick ein Muster aus Vor- und Nachteilen (insbesondere der Blick auf die Ergebnisse der 100%-Allokation). Von daher soll hier wieder eine detaillierte Auswertung wie bei den GVK Systemen durchgeführt werden.

Ergebnisse für den 1,5 I PET EW Monolayer im Getränke-segment Säfte und Nektare

Im Vergleich mit der 1,0-I-Glas-Mehrwegflasche (VdF) zeigt die 1,5-I-PET-EW-Monolayerflasche im Getränke-segment Säfte und Nektare unter den Randbedingungen der Allokation 50 %

- in der mit sehr großer ökologischer Priorität bewerten Wirkungskategorie Klimawandel einen nicht signifikanten Unterschied
- in den mit großer ökologischer Priorität bewerten Wirkungskategorien *KEA nicht erneuerbar*, *Naturraumbeanspruchung*, *aquatische Eutrophierung*, *Versauerung* und *ODP* in Summe vier Nachteile und einen Unterschied unterhalb der Signifikanzschwelle
- in den mit mittlerer ökologischer Priorität bewerten Wirkungskategorien *terrestrische Eutrophierung* und *Sommersmog* Vorteile
- in den Wirkungskategorien, für die keine Priorisierung abgeleitet werden konnte – *ADP*, *Wasserverbrauch*, *Feinstaub PM2,5*, *Krebsrisiko* und *ionisierende Strahlung* –, in Summe einen Vorteil und vier Nachteile
- in den Wirkungskategorien, die mit guter Validität bewertet wurden – *KEA nicht erneuerbar*, *Klimawandel*, *terrestrische Eutrophierung*, *Versauerung*, *Sommersmog* und *Feinstaub PM2,5* –, in Summe zwei Vorteile, zwei Nachteile und zwei Unterschiede unterhalb der Signifikanzschwelle
- in den Wirkungskategorien, die mit ausreichender Validität bewertet wurden – *ADP*, *aquatische Eutrophierung*, *ODP* und *Krebsrisiko* –, in Summe vier Nachteile
- in den Wirkungskategorien, die mit mangelhafter Validität bewertet wurden – *Naturraumbeanspruchung*, *Wasserverbrauch* und *ionisierende Strahlung* –, in Summe zwei Nachteile und einen Unterschied unterhalb der Signifikanzschwelle
- in den Wirkungskategorien, die Umweltproblemfelder mit einer globalen Dimension adressieren – *ADP*, *KEA nicht erneuerbar*, *Klimawandel*, *ODP* und *ionisierende Strahlung* –, in Summe vier Nachteile

lung –, in Summe vier Nachteile und einen Unterschied unterhalb der Signifikanzschwelle

- in den Wirkungskategorien, die Umweltproblemfelder mit einer regionalen Dimension adressieren – *terrestrische Eutrophierung, Versauerung, Sommersmog, Feinstaub PM_{2,5}* und *Krebsrisiko* –, in Summe drei Vorteile, einen Nachteil und einen Unterschied unterhalb der Signifikanzschwelle
- in den Wirkungskategorien, die Umweltproblemfelder mit einer lokalen Dimension adressieren – *Naturraumbeanspruchung, Wasserverbrauch und aquatische Eutrophierung* –, in Summe zwei Nachteile und einen Unterschied unterhalb der Signifikanzschwelle

Die Veränderung der Systemallokation führt dazu, dass aus der Mehrheit der nicht signifikanten Unterschiede Vorteile für die 1,5-l-PET-EW-Monolayerflasche werden – nicht aber in der in allen Auswertestrategien wichtigen Wirkungskategorie Klimawandel; hier verändert sich der nicht signifikante Unterschied zu einem Nachteil aufgrund der höheren dem System zugerechneten Lasten der thermischen Verwertung.

In der Gesamtschau kann daher – unter Berücksichtigung der herangezogenen Wirkungskategorien und der dargestellten Auswertestrategien – für die PET-Einwegflasche (Monolayer) 1,5 l ein gesamtökologischer Nachteil gegenüber dem Referenzsystem Glas MW (VdF) 1,0 l festgestellt werden.

8.3.2 Ergebnisse für das Getränkesegment H-Milch

Die Ergebnisse für das Getränkesegment H-Milch sind in Abbildung 8.2 auf der linken Seite dargestellt. Referenzsystem für den Vergleich ist in diesem Getränkesegment der 1,0-l-Getränkeverbundkarton, da kein Mehrwegsystem identifiziert werden konnte. Insofern werden hier nur die Ergebnisse der 1,0-l-PET-EW bewertet. Unter Anwendung der Auswertestrategie lassen sich anhand der Ergebnisse der Wirkungsabschätzung die folgenden Ergebnisse formulieren.

Im Vergleich mit dem 1,0-l-Getränkeverbundkarton zeigt die 1,0-l-PET-EW im Getränkesegment H-Milch unter den Randbedingungen der Allokation 50 %

Ergebnisse für die 1,0 l PET EW Flasche im Getränkesegment H-Milch

- in der mit sehr großer ökologischer Priorität bewerten Wirkungskategorie Klimawandel Nachteile
- in den mit großer ökologischer Priorität bewerten Wirkungskategorien *KEA nicht erneuerbar, Naturraumbeanspruchung, aquatische Eutrophierung, Versauerung* und *OPD* in Summe vier Nachteile und einen Vorteil
- in den mit mittlerer ökologischer Priorität bewerten Wirkungskategorien *terrestrische Eutrophierung* und *Sommersmog* Nachteile
- in den Wirkungskategorien, für die keine Priorisierung abgeleitet werden konnte – *ADP, Wasserverbrauch, Feinstaub PM_{2,5}, Krebsrisiko* und *ionisierende Strahlung* –, in Summe zwei Vorteile und drei Nachteile
- in den Wirkungskategorien, die mit guter Validität bewertet wurden – *KEA nicht erneuerbar, Klimawandel, terrestrische Eutrophierung, Versauerung, Sommersmog* und *Feinstaub PM_{2,5}* –, Nachteile

- in den Wirkungskategorien, die mit ausreichender Validität bewertet wurden – *ADP, aquatische Eutrophierung, ODP und Krebsrisiko* –, in Summe drei Nachteile und einen Vorteil
- in den Wirkungskategorien, die mit mangelhafter Validität bewertet wurden – *Naturraumbeanspruchung, Wasserverbrauch und ionisierende Strahlung* –, in Summe zwei Vorteile und einen Nachteil
- in den Wirkungskategorien, die Umweltproblemfelder mit einer globalen Dimension adressieren – *ADP, KEA nicht erneuerbar, Klimawandel, ODP und ionisierende Strahlung* –, in Summe einen Vorteil und vier Nachteile
- in den Wirkungskategorien, die Umweltproblemfelder mit einer regionalen Dimension adressieren – *terrestrische Eutrophierung, Versauerung, Sommersmog, Feinstaub PM 2,5 und Krebsrisiko* –, in Summe einen Vorteil und vier Nachteile
- in den Wirkungskategorien, die Umweltproblemfelder mit einer lokalen Dimension adressieren – *Naturraumbeanspruchung, Wasserverbrauch und aquatische Eutrophierung* –, in Summe einen Vorteil und zwei Nachteile.

Die Anwendung der 100%-Allokation verändert die Ergebnisse nicht.

In der Gesamtschau kann – unter Berücksichtigung der herangezogenen Wirkungskategorien und der dargestellten Auswertestrategien – für die PET-Einwegflasche 1,0 l ein gesamtökologischer Nachteil gegenüber dem Referenzsystem GVK 1,0 l festgestellt werden.

Kategorie	H-Milch		Getränkesegment Frischmilch			
	AF 50	AF 100	AF 50		AF 100	
	1,0 l GVK vs.	1,0 l GVK vs.	1,0 l Glas MW vs.		1,0 l Glas MW vs.	
	1,0 l PET EW	1,0 l PET EW	1,0 l GVK	1,0 l PET EW	1,0 l GVK	1,0 l PET EW
Ressourcenverbrauch (ADP)	210%	292%	-43%	140%	-62%	128%
KEA nicht erneuerbar	138%	187%	-36%	94%	-56%	78%
Naturraumbeanspruchung	-98%	-97%	5269%	69%	3853%	65%
Wasserverbrauch	340%	339%	22%	907%	90%	1478%
Klimawandel	224%	197%	-77%	31%	-66%	51%
terrestrische Eutrophierung	12%	22%	-18%	12%	-24%	16%
aquatische Eutrophierung	67%	98%	499%	951%	290%	727%
Versauerung	38%	60%	-26%	48%	-43%	49%
Sommersmog MIR + NMIR	18%	29%	-18%	20%	-26%	23%
Stratosphärischer Ozonabbau	1063%	1206%	-31%	803%	-30%	942%
Humantoxizität Feinstaub PM 2,5	32%	51%	-26%	34%	-37%	39%
Humantoxizität Krebsrisikopotenzial	-19%	-21%	-0,2%	193%	0,3%	206%
Humantoxizität: ionisierende Strahlung (100a)	-62%	-59%	471%	112%	409%	103%
Umweltbelastungspunkte Dtl. (komplett)	223%	197%	-77%	31%	-66%	51%

Abbildung 8.2: Relativer Ergebnisvergleich der Basisszenarien in den Getränkesegmenten H-Milch und Frischmilch unter Anwendung der Signifikanzschwelle

8.3.3 Ergebnisse für das Getränkesegment Frischmilch

Die Ergebnisse für das Getränkesegment H-Milch sind in Abbildung 8.2 auf der rechten Seite dargestellt. Referenzsystem für den Vergleich ist in diesem Getränkesegment die 1,0-l-Gas-Mehrwegflasche. Unter Anwendung der Auswertestrategie lassen sich anhand der Analyse der Wirkungsabschätzung die folgenden Ergebnisse formulieren:

Im Vergleich mit der 1,0-l-Glas-Mehrwegflasche zeigt der 1,0-l-GVK im Getränkesegment Frischmilch unter den Randbedingungen der Allokation 50 %

Ergebnisse für den 1,0 l
Getränkekarton im Ge-
tränkesegment Frischmilch

- in der mit sehr großer ökologischer Priorität bewerten Wirkungskategorie Klimawandel Vorteile
- in den mit großer ökologischer Priorität bewerten Wirkungskategorien *KEA nicht erneuerbar*, *Naturraumbeanspruchung*, *aquatische Eutrophierung*, *Versauerung* und *ODP* in Summe drei Vorteile und zwei Nachteile
- in den mit mittlerer ökologischer Priorität bewerten Wirkungskategorien *terrestrische Eutrophierung* und *Sommersmog* Vorteile
- in den Wirkungskategorien, für die keine Priorisierung abgeleitet werden konnte – *ADP*, *Wasserverbrauch*, *Feinstaub PM2,5*, *Krebsrisiko* und *ionisierende Strahlung* –, in Summe zwei Vorteile, zwei Nachteile und einen Unterschied unterhalb der Signifikanzschwelle
- in den Wirkungskategorien, die mit guter Validität bewertet wurden – *KEA nicht erneuerbar*, *Klimawandel*, *terrestrische Eutrophierung*, *Versauerung*, *Sommersmog* und *Feinstaub PM2,5* –, Vorteile
- in den Wirkungskategorien, die mit ausreichender Validität bewertet wurden – *ADP*, *aquatische Eutrophierung*, *ODP* und *Krebsrisiko* –, in Summe zwei Vorteile, einen Nachteil und einen Unterschied unterhalb der Signifikanzschwelle
- in den Wirkungskategorien, die mit mangelhafter Validität bewertet wurden – *Naturraumbeanspruchung*, *Wasserverbrauch* und *ionisierende Strahlung* –, Nachteile
- in den Wirkungskategorien, die Umweltproblemfelder mit einer globalen Dimension adressieren – *ADP*, *KEA nicht erneuerbar*, *Klimawandel*, *ODP* und *ionisierende Strahlung* –, in Summe vier Vorteile und einen Nachteil
- in den Wirkungskategorien die Umweltproblemfelder mit einer regionalen Dimension adressieren – *terrestrische Eutrophierung*, *Versauerung*, *Sommersmog*, *Feinstaub PM 2,5* und *Krebsrisiko* – in Summe vier Vorteile und einen Unterschied unterhalb der Signifikanzschwelle
- in den Wirkungskategorien, die Umweltproblemfelder mit einer lokalen Dimension adressieren – *Naturraumbeanspruchung*, *Wasserverbrauch* und *aquatische Eutrophierung* –, Nachteile

Die Anwendung der 100%-Allokation verändert die Ergebnisse nicht

In der Gesamtschau kann – unter Berücksichtigung der herangezogenen Wirkungskategorien und der dargestellten Auswertestrategie – für den GVK 1,0 l ein gesamtökologischer Vorteil gegenüber dem Referenzsystem Glas MW 1,0 l festgestellt werden.

Ergebnisse für die 1,0 l PET
EW im Getränkesegment
Frischmilch

Die 1,0-l-PET-Einwegflasche zeigt gegenüber der 1,0-l-Glas-Mehrwegflasche im Getränkesegment Frischmilch ausschließlich signifikante Nachteile. Dieser Befund ändert sich auch nicht durch den Wechsel der Annahmen zur Systemallokation.

In der Gesamtschau kann – unter Berücksichtigung der herangezogenen Wirkungskategorien und der dargestellten Auswertestrategie – für die PET-Einwegflasche 1,0 l ein gesamtökologischer Nachteil gegenüber dem Referenzsystem Glas MW 1,0 l festgestellt werden.

8.3.4 Zusammenfassung der Vergleichsergebnisse

In den Getränkesegmenten H-Milch und Frischmilch zeigen die Getränkekartons in der Gesamtschau der herangezogenen Wirkungskategorien und unter Berücksichtigung und der dargestellten Auswertestrategien Vorteile gegenüber den konkurrierenden, im Rahmen der Studie untersuchten Verpackungssystemen. Im Getränkesegment Säfte und Nektare können die GVKs in der Gesamtschau keine gesamtökologischen Vorteile, aber eben auch keine Nachteile gegenüber der Glas-MW-Flasche aufweisen. Definitiv ist, dass das System GVK aufgrund des hohen biogenen Anteils im Verpackungskörper und den CO₂-Gutschriften, die im Rahmen der Studienmethode ausgestellt werden können, signifikante Vorteile in der Wirkungskategorie mit sehr großer ökologischer Priorität, dem Klimawandel, aufweist. Diese Ergebnisfindung gilt jedoch nur unter der Voraussetzung, dass eine nachhaltige Waldbewirtschaftung ohne Landnutzungsänderungen stattfindet.

Positionierung GVK

Die PET-EW-Gebinde zeigen in allen Getränkesegmenten in der Gesamtschau Nachteile gegenüber den Mehrweg- und Einwegreferenzsystemen. Dies liegt insbesondere in der derzeit fehlenden werkstofflichen Verwertung begründet.

Positionierung PET EW

Die Glas-Mehrwegflasche teilt sich im Getränkesegment Säfte und Nektare die Position mit den GVK-Systemen trotz deutlich höherer Distributionsaufwendungen. Entscheidend für dieses Abschneiden ist die mit 27 Umläufen hohe Wiederverwendungsrate der Flasche. Im Getränkesegment Frischmilch führen die deutlich niedrigeren Umlaufzahlen von 10 daher auch dazu, dass die Mehrwegflasche gesamtökologisch Nachteile gegenüber dem GVK 1,0 l aufweist.

Positionierung Glas-MW

8.3.5 Exkurs: Auswertung der Umweltbelastungspunkte

Auf vielfachen Wunsch des Umweltbundesamtes wurde auch eine Auswertung der Umweltbelastungspunkte für Deutschland in die Studie integriert.

Die Autoren dieser Studie bezweifeln, dass ein EinIndikator substanzielle Beiträge zur Diskussion um die ökobilanzielle Bewertung einer Verpackung liefern können. Aufgrund der Verrechnung der einzelnen Umweltproblemfelder und der darin enthaltenen Gewichtung nimmt der EinIndikator den Leserinnen und Lesern der Bilanz die Möglichkeit, eigene Überlegungen und Priorisierungen bei der Reflexion der Studienergebnisse anzustellen. Die in Kapitel 8.2 dargelegten Ausführungen zur Auswertestrategie spiegeln nach Ansicht der Autoren den aktuellen Stand der wissenschaftlichen Praxis wieder. Dennoch ist die Diskussion darum grundsätzlich akzeptabel, ja sogar wünschenswert. Die implizite Auswertestrategie des EinIndikators ist weder für die Autoren noch für die Leserinnen und Leser der Studie diskutabel und erst recht nicht editierbar. Wir als Autoren beurteilen den EinIndikator nach dem deutschen Modell als nicht valide aufgrund der mangelnden Transparenz

Sinn und Unsinn eines EinIndikators

bei der Ableitung der Faktoren, und die Auswahl der bewerteten Elementarflüsse erscheint in gewisser Weise erratisch. Die ganze Methode darf, sofern sie denn von einem breiteten wissenschaftlichen Konsens als sinnvoll bewertet wird, noch Fortentwicklung erfahren.

Zudem darf an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, dass die ISO 14040ff derzeit die Anwendung von numerischen Gewichtungen im Rahmen der Auswertung verbietet. Die Ergebnisse des EinIndikators liegen somit grundsätzlich außerhalb einer möglichen ISO-konformen Studie und somit auch gegen die Festlegungen der Mindestanforderungen des UBA. Dieser Sachverhalt ist dem UBA selbstverständlich bewusst, und den Ergebnissen des EinIndikators kommt somit vor allem die Funktion einer Kontrastfolie im Sinne einer alternativen Auswertestrategie zu. Die Autoren der Studie sind dennoch der Überzeugung, dass die gewählten unterschiedlichen Ansätze zur Auswertung, die in Kapitel 8.2 dargelegt sind, sachgerechter und auch mehr im Sinne der ISO 14040ff sowie des wissenschaftlichen Diskurses um die Fortentwicklung der Ökobilanzmethodik sind.

Ergebnisse außerhalb der Norm

Die Ergebnisse des EinIndikators sind in Kapitel 7.2 dokumentiert; der relative Vergleich zu den Referenzsystemen ist in den Abbildungen 8.1 und 8.2 enthalten.

Bewertung der Ergebnisse

- Im Getränkesegment Säfte und Nektare zeigen alle untersuchten Getränkeverbundkartons **Vorteile**, die 1,0-l-PET-Einwegflaschen **Nachteile** und die 1,5-l-PET-Einwegflasche einen nicht signifikanten Unterschied gegenüber der 1,0-l-Glas-Mehrwegflasche (VdF)
- Im Getränkesegment H-Mich zeigt die 1,0-l-PET-Einwegflasche Nachteile gegenüber dem 1,0-l-GVK
- Im Getränkesegment Frischmilch zeigt der 1,0-l-GVK Vorteile und die 1,0-l-PET-Einwegflasche Nachteile gegenüber der 1,0-l-Glas-Mehrwegflasche

Es zeigt sich, dass insbesondere die Wirkungskategorie Klimawandel mit ihrer globalen Dimension maßgeblich die Ergebnisse des EinIndikators bestimmt. Mögliche Nachteile bspw. auf regionaler oder lokaler Ebene werden verschleiert.

8.4 Beurteilung und Diskussion der Ergebnisse

Im Rahmen der Studie wurden verschiedenen Annahmen und Festlegungen sowie einzelne Datenpunkte mittels Sensitivitätsanalysen überprüft (vgl. Kap. 6.2). Im Folgenden soll nun im Rahmen der Auswertung überprüft werden, inwiefern die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen dazu geeignet sind, die Ergebnisse der Basisszenarien zu stützen oder zu negieren.

8.4.1 Sensitivitätsanalyse zur getränkesegmentspezifischen Distribution

Die Sensitivität hinsichtlich der getränkesegmentspezifischen Distributionsstruktur nivelliert die Unterschiede in den Transportdistanzen zwischen den in der Studie untersuchten Verpackungssystemen. Für die Mehrweggebinde bleibt jedoch die Annahme, dass Hinfahrt gleich Rückfahrt ist, so dass bleibt ein gewisser Vorteil für die Einwegsysteme bestehen bleibt. Insofern sind auch die Ergebnisunterschiede zwischen der Sensitivitätsanalyse (und den Basisszenarien) nicht so groß. An keiner Stelle kommt es zu einer Ergebnisumkehr.

In der Gesamtbetrachtung können die Ergebnisse der Bilanzierung somit als robust gegenüber den Annahmen im Lebenswegabschnitt Distribution bewertet werden.

Kategorie	Getränkesegment Säfte und Nektare										H-Milch		Getränkesegment Frischmilch			
	verpackungssystemspezifische Distribution					getränkesegmentspezifische Distribution					V Dis	GS Dis	V Dis		GS Dis	
	1,0 l Glas MW vs.					1,0 l Glas MW vs.					1,0 l GVK vs.	1,0 l GVK vs.	1,0 l Glas MW vs.		1,0 l Glas MW vs.	
	1,0 l GVK	1,5 l GVK	1,0 l PET EW Mono	1,0 l PET EW Multi	1,5 l PET EW Mono	1,0 l GVK	1,5 l GVK	1,0 l PET EW Mono	1,0 l PET EW Multi	1,5 l PET EW Mono	1,0 l PET EW	1,0 l PET EW	1,0 l GVK	1,0 l PET EW	1,0 l GVK	1,0 l PET EW
Ressourcenverbrauch (ADP)	-4,6%	-31%	83%	105%	30%	-6,9%	-33%	78%	100%	26%	210%	209%	-43%	140%	-42%	144%
KEA nicht erneuerbar	3,3%	-24%	97%	123%	41%	0,6%	-26%	92%	117%	37%	138%	137%	-36%	94%	-35%	98%
Naturraumbanspruchung	4937%	4378%	43%	45%	-6,1%	4937%	4378%	43%	45%	-6,1%	-98%	-98%	5269%	69%	5269%	69%
Wasserverbrauch	100%	53%	4064%	5696%	2892%	100%	53%	4064%	5696%	2892%	340%	340%	22%	907%	22%	907%
Klimawandel	-45%	-64%	46%	69%	4,4%	-46%	-65%	42%	64%	1,3%	224%	222%	-77%	31%	-76%	34%
terrestrische Eutrophierung	-25%	-41%	-17%	-4,1%	-41%	-28%	-43%	-21%	-8,0%	-44%	12%	11%	-18%	12%	-15%	15%
aquatische Eutrophierung	866%	669%	1694%	2051%	1204%	866%	669%	1694%	2051%	1204%	67%	67%	499%	951%	499%	951%
Versauerung	-2,0%	-24%	28%	50%	-8,3%	-5,5%	-26%	23%	44%	-11,6%	38%	37%	-26%	48%	-24%	51%
Sommersmog MIR + NMIR	-24%	-40%	-15%	-2,7%	-40%	-27%	-43%	-19%	-6,7%	-42%	18%	18%	-18%	20%	-16%	23%
Stratosphärischer Ozonabbau	-3,2%	-27%	894%	1031%	635%	-6,2%	-30%	862%	994%	611%	1063%	1061%	-31%	803%	-29%	836%
Humantoxizität Feinstaub PM _{2,5}	-14%	-33%	7,0%	24%	-24%	-17%	-35%	3,0%	20%	-26%	32%	31%	-26%	34%	-24%	37%
Humantoxizität Krebsrisikopotenzial	166%	108%	103%	131%	47%	156%	101%	96%	122%	41%	-19%	-19%	-0,2%	193%	4,4%	205%
Humantoxizität: ionisierende Strahlung (100a)	683%	578%	172%	206%	89%	683%	578%	172%	206%	89%	-62%	-62%	471%	112%	471%	112%
Umweltbelastungspunkte Dtl. (komplett)	-44%	-64%	46%	69%	4%	-46%	-65%	42%	64%	1%	223%	221%	-77%	31%	-76%	34%

Abbildung 8.3: Vergleich der Ergebnismuster der Basisszenarien mit den Ergebnissen der Sensitivität zur getränkesegmentspezifischen Distribution

8.4.2 Sensitivitätsanalyse zur Umlaufzahl der Glas-MW-Gebinde

Die Ableitung und Festlegung der Umlaufzahl ist bei der Bilanzierung von Mehrwegsystemen immer ein sehr relevanter Faktor. Dementsprechend hat die Diskussion um die „richtige“ Umlaufzahl der Glas-MW-Gebinde bereits im Vorfeld der Ökobilanz einen großen Raum eingenommen. Auf Basis alternativer Berechnungsmethoden bzw. bei nur leicht veränderten Annahmen generiert die gleiche Datenbasis andere Zahlenwerte. Daher ist die Überprüfung der für die Basisszenarien angesetzten Umlaufzahl eine verpflichtende Sensitivität nach Maßgabe der Mindestanforderungen. Um nicht eine Bandbreitendiskussion zu führen oder Break-Even-Analysen zu rechnen, ist festgelegt, dass die Zahlenwerte für die Umlaufzahlen einmal über die Produktionsrechnung und einmal über die Verlustrechnung zu bestimmen sind. Entsprechend wird für die Glas-MW-1,0-l-Flasche im Getränke-segment Säfte und Nektare mit einer abweichenden Umlaufzahl von 22 statt 27 gerechnet und für die Glas-MW 1,0 l im Getränke-segment Frischmilch mit einer abweichenden Umlaufzahl von 20 statt 10.

Durch die Reduktion der Umlaufzahlen der 1,0-l-Glas-MW-Flasche (VdF) im Getränke-segment Säfte und Nektare erhöhen sich die spezifischen Netto-Beiträge der Glas-MW-Gebinde in allen Wirkungskategorien. Entsprechend verändern sich die Vergleichsergebnisse. Die Vorteile der Einwegsysteme (nur GVK) erhöhen sich, die Nachteile (GVK und PET EW) reduzieren sich leicht. **Eine signifikante Veränderung im Ergebnismuster findet nicht statt.**

Getränkesegment Säfte und Nektare

Im Getränke-segment Frischmilch dient die Analyse weniger der Überprüfung der Umlaufzahl. Vielmehr handelt es sich hier um ein Was-wäre-wenn-Szenario. Die Umlaufzahl der Glas MW Gebinde wurde verdoppelt und somit auf den Stand eines funktionalen Mehrwegsystems mit einer weiteren Verbreitung gehoben, als es den aktuellen durchschnittlichen deutschen Verhältnissen entspricht. Eine Umlaufzahl 20 ist realistisch für Molkereien,

Getränkesegment Frischmilch

die einen regionalen Fokus haben und etablierte Kunden- und Distributionsstrukturen bedienen.

Mit der Verdopplung der Umlaufzahl ändern sich die Ergebnisse. In fünf Wirkungskategorien verändern sich die Vorteile des 1,0-l-GVK zu nicht signifikanten Unterschieden. Die großen Vorteile in der für alle Auswertestrategien sehr relevanten Umweltwirkungskategorie Klimawandel bleiben jedoch bestehen.

Zusammenfassend lässt sich unter den so geänderten Bedingungen festhalten, dass die hier betrachteten Wirkungskategorien sowohl Vergleichsergebnisse zugunsten des GVK 1,0 l als auch solche zugunsten des Referenzsystems Glas MW 1,0 l mit 20 Umläufen zeigen. Daher lässt sich in der Gesamtschau der herangezogenen Wirkungskategorien und der dargestellten Auswertestrategien **kein gesamtökologischer Vor- oder Nachteil für eines der beiden Systeme** ableiten.

Dieser Befund gilt wie beschrieben nicht für den Vergleich unter den Rahmenbedingungen der durchschnittlichen deutschen Verhältnisse, sondern reflektiert eine Situation, die bereits heute in regionalen Strukturen vorkommen kann und möglicherweise eine zukünftige Entwicklungsoption für das Glas-MW-System im Getränke-segment Frischmilch sein kann, unter der Voraussetzung dass erhebliche Investitionen in die Rückführungslogistik und sachgerechte Leergutverteilung getätigt werden.

Kategorie	Getränkesegment Säfte und Nektare										Getränkesegment Frischmilch			
	Umlaufzahl Basis					Umlaufzahl Sensitivität					ULZ Basis		ULZ Sens	
	1,0 l Glas MW vs.					1,0 l Glas MW vs.					1,0 l Glas MW vs.		1,0 l Glas MW vs.	
	1,0 l GVK	1,5 l GVK	1,0 l PET EW Mono	1,0 l PET EW Multi	1,5 l PET EW Mono	1,0 l GVK	1,5 l GVK	1,0 l PET EW Mono	1,0 l PET EW Multi	1,5 l PET EW Mono	1,0 l GVK	1,0 l PET EW	1,0 l GVK	1,0 l PET EW
Ressourcenverbrauch (ADP)	-4,6%	-31%	83%	105%	30%	-7,0%	-33%	78%	100%	26%	-43%	140%	-37%	167%
KEA nicht erneuerbar	3,3%	-24%	97%	123%	41%	0,8%	-26%	92%	118%	38%	-36%	94%	-29%	116%
Naturraumbeanspruchung	4937%	4378%	43%	45%	-6,1%	4912%	4356%	43%	44%	-6,6%	5269%	69%	5402%	73%
Wasserverbrauch	100%	53%	4064%	5696%	2892%	63%	25%	3298%	4630%	2342%	22%	907%	279%	3042%
Klimawandel	-45%	-64%	46%	69%	4,4%	-46%	-65%	42%	64%	1,4%	-77%	31%	-73%	48%
terrestrische Eutrophierung	-25%	-41%	-17%	-4,1%	-41%	-27%	-43%	-20%	-7,0%	-43%	-18%	12%	-2%	34%
aquatische Eutrophierung	866%	669%	1694%	2051%	1204%	833%	642%	1632%	1976%	1159%	499%	951%	573%	1081%
Versauerung	-2,0%	-24%	28%	50%	-8,3%	-6,1%	-27%	23%	44%	-12,1%	-26%	48%	-8%	84%
Sommersmog MIR + NMIR	-24%	-40%	-15%	-2,7%	-40%	-27%	-42%	-18%	-5,7%	-41%	-18%	20%	-2%	43%
Stratosphärischer Ozonabbau	-3,2%	-27%	894%	1031%	635%	-6,8%	-30%	857%	989%	608%	-31%	803%	-20%	953%
Humantoxizität Feinstaub PM _{2,5}	-14%	-33%	7,0%	24%	-24%	-17%	-35%	3,0%	20%	-26%	-26%	34%	-8%	66%
Humantoxizität Krebsrisikopotenzial	166%	108%	103%	131%	47%	162%	105%	100%	127%	45%	-0,2%	193%	9,7%	222%
Humantoxizität: ionisierende Strahlung (100a)	683%	578%	172%	206%	89%	618%	522%	149%	180%	73%	471%	112%	696%	195%
Umweltbelastungspunkte Dtl. (komplett)	-44%	-64%	46%	69%	4%	-46%	-65%	42%	64%	1%	-77%	31%	-73%	48%

Abbildung 8.4: Vergleich der Ergebnismuster der Basisszenarien mit den Ergebnissen der Sensitivität zu den Umlaufzahlen der Glas MW Gebinde

8.4.3 Sensitivitätsanalyse zum PA-Datensatz der PET-Einwegflaschen im Getränke-segment Säfte und Nektare

Der in der Studie verwendete PA-Datensatz liegt außerhalb der möglichen zeitlichen Gültigkeit für Rohstoffdatensätze. Mögliche Alternativen sind aber aufgrund methodischer Differenzen nicht verwendbar. Daher wurden im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse die PET-EW-Gebinde im Getränke-segment Säfte und Nektare ohne PA-Anteile, sondern als

reine PET-EW-Flaschen bilanziert. Diese Annahmen beziehen sich jedoch nur auf die Herstellung der Rohmaterialien, die Verwertungswege der PET-EW-Flaschen hingegen gleichen denen der Basisszenarien (100 % energetische Verwertung).

Der Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass sich die Bilanz der PET-EW-Gebinde deutlich verbessert, die Abstände gegenüber dem Referenzsystem jedoch so groß sind, dass es zu keiner Änderung am grundlegenden Ergebnismuster kommt und die Gesamtbewertung somit unverändert bleibt.

Für die Gesamtbewertung lässt sich somit festhalten, dass die Bilanzierung robust hinsichtlich der Auswahl der Rohmaterialdatensätze für die PET-EW-Gebinde ist.

Kategorie	Getränkesegment Säfte und Nektare									
	Basisszenario					Sensitivität PA Daten für PET EW				
	1,0 l Glas MW vs.					1,0 l Glas MW vs.				
	1,0 l GVK	1,5 l GVK	1,0 l PET EW Mono	1,0 l PET EW Multi	1,5 l PET EW Mono	1,0 l GVK	1,5 l GVK	1,0 l PET EW Mono	1,0 l PET EW Multi	1,5 l PET EW Mono
Ressourcenverbrauch (ADP)	-4,6%	-31%	83%	105%	30%	-4,6%	-31%	55%	71%	9%
KEA nicht erneuerbar	3,3%	-24%	97%	123%	41%	3,3%	-24%	65%	84%	17%
Naturraumbeanspruchung	4937%	4378%	43%	45%	-6,1%	4937%	4378%	43%	45%	-6,5%
Wasserverbrauch	100%	53%	4064%	5696%	2892%	100%	53%	198%	164%	16%
Klimawandel	-45%	-64%	46%	69%	4,4%	-45%	-64%	32%	47%	-6,8%
terrestrische Eutrophierung	-25%	-41%	-17%	-4,1%	-41%	-25%	-41%	-35%	-27,3%	-54%
aquatische Eutrophierung	866%	669%	1694%	2051%	1204%	866%	669%	986%	1103%	678%
Versauerung	-2,0%	-24%	28%	50%	-8,3%	-2,0%	-24%	-4%	7%	-32,4%
Sommersmog MIR + NMIR	-24%	-40%	-15%	-2,7%	-40%	-24%	-40%	-32%	-23,8%	-52%
Stratosphärischer Ozonabbau	-3,2%	-27%	894%	1031%	635%	-3,2%	-27%	725%	844%	509%
Humantoxizität Feinstaub PM 2,5	-14%	-33%	7,0%	24%	-24%	-14%	-33%	-17,1%	-7%	-42%
Humantoxizität Krebsrisikopotenzial	166%	108%	103%	131%	47%	166%	108%	64%	82%	18%
Humantoxizität: ionisierende Strahlung (100a)	683%	578%	172%	206%	89%	683%	578%	157%	192%	78%
Umweltbelastungspunkte Dtl. (komplett)	-44%	-64%	46%	69%	4%	-44%	-64%	32%	47%	-7%

Abbildung 8.5: Vergleich der Ergebnismuster der Basisszenarien mit den Ergebnissen der Sensitivität zum PA Datensatz

8.4.4 Zusammenfassende Beurteilung

In Kapitel 8.3.4 wurden die Vergleichsergebnisse der Basisszenarien zusammengefasst. In Kapitel 8.4.1 bis 8.4.3 wurden verschiedene Bilanzparameter variiert und die Ergebnisse mit denen der Basisszenarien verglichen.

Es zeigt sich, dass die begründeten Variationen die Ergebnisse nicht so stark beeinflussen, als dass die formulierten Vergleichsaussagen geändert oder zumindest abgeschwächt werden müssten. Vielmehr zeigt sich, dass die formulierten Ergebnisse ausgesprochen robust gegenüber den inhaltlichen und methodischen Festlegungen innerhalb dieser Studie sind. Die durchgeführten Sensitivitätsanalysen bestätigen daher die Ergebnisse der Basisszenarien.

Die durchgeführte Sensitivität zur Umlaufzahl der Glas-Mehrwegflasche im Getränkesegment Frischmilch gibt einen Ausblick darauf, wie ein mögliches Vergleichsergebnis aussehen könnte, wenn in die Stabilisierung des Mehrwegpools von Milchflaschen investiert würde. Damit überschreitet diese Sensitivitätsanalyse fast die Schwelle zu den Varianten, in denen zukünftige Optimierungen untersucht werden.

8.5 Vergleich der Einwegsysteme untereinander

Für den politischen Kontext ist entsprechend den Mindestanforderungen des UBA grundsätzlich immer nur der paarweise Vergleich zum Mehrwegreferenzsystem maßgeblich für die Ableitung der ökobilanziellen Positionierung. Aus diesen Ergebnissen lassen sich grundsätzlich auch Aussagen zur Positionierung der Einwegsysteme untereinander ableiten. So zeigt der Befund in den Getränkesegmenten H-Milch und Frischmilch sehr deutlich den großen Vorteil der Getränkeverbundkartons gegenüber den untersuchten PET-Einwegflaschen. Im Getränkesegment Säfte und Nektare ist dieses Bild nicht so augenfällig, da die untersuchten PET-Einweggebinde auch hier Vorteile gegenüber dem Glas-Mehrwegsystem zeigen.

Da im Getränkesegment Säfte und Nektare zudem die PET-Einweggebinde einen großen Marktanteil haben und auch zukünftige Optimierungen erwartbar sind, wurden im Rahmen dieser Studie folgende Varianten zu optimierten PET-Einweg-Saftflaschen bilanziert:

- Generische PET EW 1,0 l im GS Säfte und Nektare unter den Randbedingungen des Einwegpfandes (Erfassungsquote 97,3 %, Rezyklatgehalt im Flaschenkörper 28,5 %)
- Generische PET EW 1,5 l im GS Säfte und Nektare unter den Randbedingungen des Einwegpfandes (Erfassungsquote 97,3 %, Rezyklatgehalt im Flaschenkörper 28,5 %)
- Generische gewichtsreduzierte PET EW 1,0 l im GS Säfte und Nektare unter den Randbedingungen des Einwegpfandes (Erfassungsquote 97,3 %, Rezyklatgehalt im Flaschenkörper 28,5 %)
- Generische gewichtsreduzierte PET EW 1,5 l im GS Säfte und Nektare unter den Randbedingungen des Einwegpfandes (Erfassungsquote 97,3 %, Rezyklatgehalt im Flaschenkörper 28,5 %)

Bilanzierte Varianten

Die Ergebnisse der Bilanzierung finden sich in Kapitel 7.2.3, die relativen Vergleichsergebnisse sind in Abbildung 8.6 dokumentiert. Es zeigt sich, dass die deutlich höhere Erfassungsquote in Verbindung mit der Zuführung des Materialflusses zu einer werkstofflichen Verwertung massive Verschiebungen in den Ergebnissen begründet. Insbesondere für die großvolumigen 1,5-l-PET-Einweggebinde ändert sich der Ergebnisbefund von gesamtökologischen Nachteilen gegenüber dem Referenzsystem Glas Mehrweg 1,0 l (VdF) in die Richtung, dass nunmehr nach Umsetzung der Optimierungen in der Gesamtschau der herangezogenen Wirkungskategorien und der dargestellten Auswertestrategien kein gesamtökologischer Vor- oder Nachteil für eines der beiden Systeme abgeleitet werden kann.

Ergebnisse im Vergleich zu Glas MW 1,0 l (VdF)

Für die 1,0-l-PET-Einwegflaschen bleibt der Befund der Basisszenarien bestehen. Zwar sind die ökobilanziellen Verbesserungen enorm, doch findet keine signifikante Ergebnismkehr in der für alle Auswertestrategien sehr wichtigen Wirkungskategorie Klimawandel statt. Insofern bleibt für die 1,0-l-PET-EW-Gebinde in der Gesamtschau ein gesamtökologischer Nachteil gegenüber dem Referenzsystem Glas Mehrweg 1,0 l (VdF) bestehen.

Kategorie	Säfte und Nektare								
	1,0 l Glas MW vs.								
	1,0 l GVK	1,5 l GVK	1,0 l PET EW Mono	1,0 l PET Multi	1,0 l PET EW Opt 1	1,0 l PET EW Opt 2	1,5 l PET EW Mono	1,5 l PET EW Opt 1	1,5 l PET EW Opt 2
Ressourcenverbrauch (ADP)	-5%	-31%	83%	105%	15%	9%	30%	-21%	-25%
KEA nicht erneuerbar	3%	-24%	97%	123%	21%	14%	41%	-15%	-21%
Naturraumbeanspruchung	4937%	4378%	43%	45%	48%	47%	-6%	-3%	-4%
Wasserverbrauch	100%	53%	4064%	5696%	205%	205%	2892%	21%	21%
Klimawandel	-45%	-64%	46%	69%	5%	-1%	4%	-27%	-31%
terrestrische Eutrophierung	-25%	-41%	-17%	-4%	-49%	-52%	-41%	-65%	-67%
aquatische Eutrophierung	866%	669%	1694%	2051%	581%	533%	1204%	379%	343%
Versauerung	-2%	-24%	28%	50%	-27%	-31%	-8%	-49%	-52%
Sommersmog MIR + NMIR	-24%	-40%	-15%	-3%	-47%	-50%	-40%	-64%	-66%
Stratosphärischer Ozonabbau	-3%	-27%	894%	1031%	379%	335%	635%	251%	218%
Humantoxizität Feinstaub PM _{2,5}	-14%	-33%	7%	24%	-36%	-40%	-24%	-56%	-59%
Humantoxizität Krebsrisikopotenzial	166%	108%	103%	131%	9%	1%	47%	-23%	-29%
Humantoxizität: ionisierende Strahlung (100a)	683%	578%	172%	206%	204%	188%	89%	113%	101%
Umweltbelastungspunkte Dtl. (komplett)	-44%	-64%	46%	69%	5%	-1%	4%	-27%	-31%

Abbildung 8.6: Ergebnisse der Variantenberechnung zu den optimierten PET EW Gebinden im Getränke-segment Säfte und Nektare im Vergleich mit dem Referenzsystem Glas MW 1,0 l (VdF)

Aufgrund des formulierten Befundes stellt sich die Frage, wie die ökobilanzielle Positionierung der optimierten PET-Einweggebinde im Vergleich zu den Getränkeverbundkartons aussieht. Dafür wurde in der Referenzsystembetrachtung der Bezug verschoben, die 1,0-l-PET-EW-Gebinde werden mit dem 1,0-l-GVK System verglichen, die 1,5-l-PET-EW-Gebinde mit dem 1,5-l-GVK System. Die Vergleichsergebnisse sind in Abbildung 8.7 dokumentiert.

GVK vs. PET EW

Es zeigt sich, dass insbesondere in den Wirkungskategorien wie dem Verbrauch fossiler Ressourcen und dem Klimawandel, die globale Umweltprobleme adressieren und somit auch mit entsprechend hohen bzw. sogar sehr hohen ökologischen Prioritäten bewertet sind, weiterhin signifikante Nachteile der PET-Einwegflaschen im Vergleich mit den Getränkeverbundkartons bestehen.

Somit muss in der Gesamtschau – unter Berücksichtigung der herangezogenen Wirkungskategorien und der dargestellten Auswertestrategien – auch für zukünftig möglicherweise optimierte PET-Einwegflaschen ein gesamtökologischer Nachteil gegenüber gleichvolumigen Getränkeverbundkartons im Status quo festgestellt werden.

Kategorie	Getränkesegment Säfte und Nektare						
	1,0 l GVK vs.				1,5 l GVK vs.		
	1,0 l PET EW Mono	1,0 l PET EW Multi	1,0 l PET EW Opt 1	1,0 l PET EW Opt 2	1,5 l PET EW Mono	1,5 l PET EW Opt 1	1,5 l PET EW Opt 2
Ressourcenverbrauch (ADP)	92%	115%	21%	14%	88%	15%	8%
KEA nicht erneuerbar	90%	116%	17%	10%	86%	13%	5%
Naturraumbeanspruchung	-97%	-97%	-97%	-97%	-98%	-98%	-98%
Wasserverbrauch	1986%	2804%	53%	53%	1857%	-21%	-21%
Klimawandel	163%	205%	89%	79%	190%	103%	90%
terrestrische Eutrophierung	10%	28%	-32%	-36%	-1%	-41%	-44%
aquatische Eutrophierung	86%	123%	-29%	-34%	70%	-38%	-42%
Versauerung	31%	53%	-26%	-30%	20%	-34%	-38%
Sommersmog MIR + NMIR	12%	29%	-31%	-35%	1%	-39%	-43%
Stratosphärischer Ozonabbau	927%	1068%	394%	349%	912%	383%	338%
Humantoxizität Feinstaub PM 2,5	25%	45%	-26%	-30%	14%	-34%	-38%
Humantoxizität Krebsrisikopotenzial	-24%	-13%	-59%	-62%	-30%	-63%	-66%
Humantoxizität: ionisierende Strahlung (100a)	-65%	-61%	-61%	-63%	-72%	-69%	-70%
Umweltbelastungspunkte Dtl. (komplett)	163%	204%	89%	78%	190%	102%	90%

Abbildung 8.7: Ergebnisse der Variantenberechnung zu den optimierten PET EW Gebinden im Getränkesegment Säfte und Nektare im Vergleich mit gleichvolumigen Getränkeverbundkartons

9 Interpretation, Schlussfolgerungen und Empfehlungen

In der vorliegenden Ökobilanz wurden Getränkekartons, PET-Einwegflaschen und Glas-Mehrwegflaschen in den Getränkesegmenten Säfte und Nektare, Milch und Frischmilch nach Maßgabe der Mindestanforderungen an Getränkeverpackungsökobilanzen des deutschen Umweltbundesamtes untersucht und innerhalb der Grenzen der Getränkesegmente miteinander verglichen. Dies impliziert auch die Einhaltung der Anforderungen der ISO 14040/44 an vergleichende Ökobilanzen.

Die Studie bildet dabei die durchschnittlichen deutschen Verhältnisse im Referenzjahr 2015/16 ab. Die zugrundeliegende Auswahl an Verpackungssystemen wurde anhand von Marktdaten getroffen, die Verpackungsspezifikationen reflektieren die durchschnittlichen deutschen Verhältnisse. Die für die Bilanzierung wesentlichen Eingangsparameter Packmittelgewichte, Umlaufzahlen und Distribution wurden valide abgeleitet und, wo nötig, mittels Sensitivitätsanalysen überprüft. Die Entsorgungswege der Packmittel wurden auf Basis aktueller Daten transparent und nachvollziehbar errechnet und in der Studie dokumentiert.

Die in der Bilanzierung zum Einsatz kommenden Daten entsprechen jeweils dem neuesten verfügbaren Stand; die in der Wirkungsabschätzung berücksichtigten Wirkungskategorien orientierten sich an den Maßangaben der Mindestanforderungen. Innerhalb der Auswertung wurden lediglich die Wirkungskategorien berücksichtigt, die in Kenntnis der Annahmen und Festlegungen für die Bilanzierung als konsistent und belastbar eingestuft wurden.

Im Rahmen der Auswertung wurden die Leitlinien des UBA aus „Bewertung 99“ berücksichtigt und für die Auswahl an Wirkungskategorien behutsam adaptiert. Darüber hinaus wurden Aspekte der Validität der Wirkungskategorien sowie die räumliche Dimension durch die Wirkungskategorien beschriebener möglicher Umweltauswirkungen berücksichtigt. Die Ableitung der Ergebnisse findet transparent auf Basis der einzelnen Verpackungssysteme im Vergleich zum getränkesegmentspezifischen Referenzsystem unter Berücksichtigung der Auswertestrategien statt.

Die in der Studie durchgeführten Sensitivitätsanalysen finden im Rahmen der Auswertung Eingang in die Gesamtbewertung. Keiner der mittels Sensitivitätsanalyse variierten Parameter hat ergebnisentscheidenden Einfluss. Somit kann die durchgeführte Bilanzierung als ausgesprochen robust gelten.

Die Bewertung der Ergebnisunterschiede findet unter Anwendung einer Signifikanzschwelle von 10 % statt. In der Gesamtschau aller Ergebnisse der Basisszenarien und durchgeführten Sensitivitätsanalysen lässt sich auf Basis der angewendeten Auswertestrategie und den darin enthaltenen Festlegungen und Werthaltungen das folgende hochverdichtete Ergebnis ableiten:

- Im Getränkesegment Säfte und Nektare haben die 1,0-l- und 1,5-l-Getränkekartons sowie die 1,0-l-Glas-Mehrwegflasche signifikante Vorteile gegenüber den 1,0-l-PET-Einwegflaschen. Der 1,5-l-Getränkekarton und der 1,0-l-Getränkekarton zeigen ein ökobilanzielles Profil, das in der Gesamtschau der diskutierten Ergebnisse keine signifikanten Vor- oder Nachteile gegenüber der 1,0 l Glas-Mehrwegflasche (VdF-Pool-Flasche) erkennen lässt.
- Im Getränkesegment H-Milch zeigt der 1,0-l-Getränkekarton in der Gesamtschau der diskutierten Ergebnisse Vorteile im Vergleich zur 1,0-l-PET-Einwegflasche. Ein für die durchschnittlichen deutschen Verhältnisse repräsentatives Mehrwegsystem konnte in diesem Getränkesegment nicht ermittelt werden.
- Im Getränkesegment Frischmilch zeigt der 1,0-l-Getränkekarton in der Gesamtschau der diskutierten Ergebnisse Vorteile gegenüber dem Referenzsystem 1,0-l-Glas-Mehrwegflasche und der 1,0-l-PET-Einwegflasche.

Hochverdichtete Studienergebnisse

Die Ergebnisse der Studie sind ein Spiegel der Eingangsparameter und der methodischen Festlegungen. Als besonders ergebnisrelevante Parameter haben sich dabei erweisen:

Einfluss der Bilanzparameter und methodischer Festlegungen

- Die Packmittelweggewichte und die Materialkomposition
- Die Umlaufzahlen der Mehrweggebinde
- Die Distributionsstrukturen
- Die Abfülldaten
- Die Entsorgungswege

Im Rahmen der Ableitung der Parameter wurde stets darauf geachtet, die Vergleichssysteme sachgerecht abzubilden und im Falle von Unsicherheiten die Sachlage eher positiv für die Referenzsysteme abzuleiten. So wurde bei den Umlaufzahlen eher der höhere Wert als Arbeitswert für die Basisszenarien genutzt, die Distributionsstruktur geht tendenziell zu stark von einer regionalen Verteilung der Mehrweggebinde aus (vgl. Aussagen GVM in Kapitel 4.3.5). Hinsichtlich der Abfülldaten wurde ein sehr konservativer Ansatz genutzt, um möglichst aktuelle Abfülldaten auch für die Glas-Mehrweglinien generieren zu können.

An methodischen Fragestellungen haben sicherlich die Festlegungen zur Allokation die größten Einflüsse auf die Ergebnisse. Hier wurden die Mindestanforderungen des UBA in dem Maße erweitert, als das die Pflichtsensitivität zur Systemallokation von 100 % in den Rang eines zweiten Basisszenarios – parallel zur 50%-Allokation – erhoben wurde. Alle abgeleiteten Ergebnisaussagen sind durch beide Allokationsmodelle gedeckt. Dieses Vorgehen ist notwendig, um den Effekt der CO₂-Gutschriften im Berechnungsmodell sachgerecht zu beleuchten. Denn generell tragen der hohe biobasierte Anteil der Getränkekartons und die damit verbundene Vergabe an CO₂-Gutschriften im Berechnungsmodell zur positiven Ökobilanzbewertung bei. So zeigen alle Getränkekartons in der Wirkungskategorie Klimawandel, die auch in dieser Studie wieder mit einer sehr großen ökologischen Priorität bewertet wurde, die geringsten Nettobeiträge. Diese Festlegung bedingt in Verbindung mit den Festlegungen zur Systemallokation, dass nur im Falle der 100%-Allokation eine vollständig geschlossene Kohlenstoffbilanz vorliegt.

Die positiven Effekte der Getränkekartons in der Wirkungskategorie Klimawandel sind verbunden mit den in den Ergebnissen der Bilanzierung sichtbaren potenziellen Umweltlasten in den Wirkungskategorien Naturraumbeanspruchung im Sinne einer Flächenbelegung durch die Forstwirtschaft und den Beiträgen der Papierproduktion zu den Ergebnissen der Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung. Im Rahmen der Auswertung wird

Klimawandel vs. Naturraumbeanspruchung

versucht, diese Wirkungskategorien durch ökologische Priorisierung und geographische Verortung der räumlichen Wirksamkeit möglicher Umweltfolgen miteinander ins Verhältnis zu setzen. Dem Klimawandel wird dabei eine sehr große ökologische Priorität und eine Umweltproblematik globaler Dimension beigemessen. Die potenziellen Umweltfolgen, die mit der Naturraumbeanspruchung und der aquatischen Eutrophierung einhergehen, werden mit großer ökologischer Priorität und einer eher lokalen Dimension bewertet. Darüber hinaus sind die Aspekte der Validität zu berücksichtigen. Insbesondere die Wirkungskategorie Naturraumbeanspruchung ist derzeit als noch nicht vollständig methodisch ausgereift zu betrachten. Vor diesem Hintergrund sind Aussagen, in denen die vergleichsweise geringen Beiträge der Getränkekartons in der Wirkungskategorie Klimawandel in einen direkten Zusammenhang mit den vergleichsweise hohen Beiträgen in der Wirkungskategorie Naturraumbeanspruchung ins Verhältnis gesetzt werden, ohne die im Rahmen der verschiedenen Auswertestrategien diskutierten Hinweise und Einschränkungen verkürzt und aus Sicht der Autoren dieser Studie nicht sachgerecht im Sinne der ökobilanziellen Ergebnisse.

Im Rahmen der Auswertung wurden keine bilanzierten Ergebnisse der Wirkungsabschätzung für die abschließende Ergebnisfindung verworfen oder nur eingeschränkt berücksichtigt. Vielmehr wurde die Validität der Ergebnisse transparent 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 ist eine nicht ausreichende Transparenz der Daten bzw. das Fehlen relevanter Daten als Grund für die Abstufung der Validität identifiziert.

Limitierungen

Insbesondere in den Kategorien Naturraumbeanspruchung und Wasserverbrauch zeigen die Bilanzergebnisse für die Getränkeverbundkartons mehrheitlich höhere Beiträge als die Referenzsysteme, 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. Jedoch haben die beiden Kategorien in der Gesamtschau der Ergebnisse aufgrund der differenzierten Auswertestrategien nur ein eingeschränktes Gewicht. Ein Ausschluss dieser Kategorien hätte aber nach Ansicht der Autoren dieser Studie das Vergleichsbild zu stark 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. Andere in der Auswertung berücksichtigte Wirkungskategorien sind aufgrund des derzeitigen Standes der wissenschaftlichen Forschung nicht ökologisch priorisierbar. Dies könnte durch ein für die nahe Zukunft angekündigtes Update der UBA-Bewertungsleitlinien für Ökobilanzen eine Änderung erfahren. Für diesen Fall ist die Auswertung der Basisszenarien transparent genug dokumentiert, um die abschließende Ergebnisfindung zu aktualisieren. Bis dahin gilt für die abschließende Gesamtbewertung der in dieser Studie durchgeführten ökobilanziellen Vergleiche die Limitierung, dass diese nur unter den Randbedingungen der in Kap. 8.2 abgeleiteten Auswertestrategien inklusive aller darin enthaltenen Werthaltungen und Festlegungen Gültigkeit besitzen. Werden andere Werthaltungen angesetzt und alternative Festlegungen getroffen, können die in dieser Studie errechneten Ergebnisse ggf. auch anders interpretiert werden.

Die starke Orientierung der Studie an der ISO Norm 14040ff ermöglicht es dem Auftraggeber, die Vergleichsergebnisse auch im Rahmen einer an die Öffentlichkeit gerichteten

Kommunikationsstrategie zu nutzen, zumal die grundlegenden Annahmen zur Bilanzierung und Auswertung bereits im Zuge der 2019er Studie eine vollständige kritische Begutachtung gemäß ISO 14040ff durchlaufen haben. Ggf. könnte es erwägenswert sein, die Studie einem nochmaligen, nun nachgeschlagenen kritischen Begutachtungsprozess zu unterziehen, um auch diese aktuelle Studie als ISO-konform, und nicht nur als an der ISO orientiert zu deklarieren. Inwieweit der Prozess der kritischen Begutachtung aber überhaupt hilfreich für die Reputation von Studienergebnissen in der öffentlichen und politischen Diskussion ist, kann nicht abschließend beurteilt werden. Die Erfahrungen der mit der 2019er Studie haben gezeigt, dass auch eine kritische Begutachtung gewisse Limitierungen nicht aufzulösen vermag.

Auf jeden Fall ist bei der Kommunikation der Studienergebnisse zu beachten, dass in der Studie die durchschnittlichen deutschen Verhältnisse für Getränkeverbundkartons betrachtet werden. Dies hat Auswirkungen auf die Auswahl der Verpackungssysteme, die Gewichte der betrachteten Packmittel, die Distributionsstruktur und letztendlich auch die Entsorgungswege. Eine Variation dieser Parameter, die über den Umfang der in der Studie durchgeführten Sensitivitätsanalysen hinausgeht, oder eine abweichende Zusammenstellung der Vergleichsgruppen kann die Ergebnisse signifikant verändern. Somit sind die Bilanzergebnisse nicht dazu geeignet, Aussagen für einzelne Hersteller oder gar Produkte abzuleiten, um diese beispielsweise in werblichen Kontexten zu nutzen. Ebenso kann keine Übertragung der Studienergebnisse auf andere Getränkesegmente erfolgen.

Die aktuelle politische Diskussion um Fragen der Getränkeverpackungen fokussiert sich derzeit auf das Thema Einweg vs. Mehrweg. Inwieweit in dieser Diskussion spezifische Differenzierungen berücksichtigt werden, lässt sich nicht für alle Ebenen, auf denen die Diskussion geführt wird, beurteilen. Die in dieser Studie erarbeiteten Ergebnisse können für die allgemeine Diskussion nur Beiträge für die Getränkesegmente Säfte und Nektare sowie H-Milch und Frischmilch leisten. Die Ergebnisse zeigen, dass eine starke Differenzierung nötig ist. So lassen sich anhand der Studie keine pauschalen Urteile über Einweg oder Mehrweg ableiten. Getränkekartons zeigen sich nach Maßgabe der bilanzierten Wirkungskategorien und angewendeten Auswertestrategien mindestens gleichwertig mit Glas-Mehrweggebinden, PET-Einwegflaschen jedoch nicht. Die Ergebnisse zeigen in der Einzelbetrachtung spezifischer Umweltproblemfelder und möglicher ergänzender Performancekriterien grundsätzlich Vor- und Nachteile.

Bewertung der Ergebnisse vor dem Hintergrund aktueller umweltpolitischer Diskussionen

- So zeigen Getränkekartons ökobilanzielle Vorteile bei primär globalen Umweltproblemfeldern wie dem fossilen Ressourcenverbrauch und dem Klimawandel, dafür aber Nachteile bei Umweltwirkungskategorien, die auf lokale Umweltprobleme durch die Forstwirtschaft und die Papierproduktion hinweisen. An dieser Stelle darf aber nicht verschwiegen werden, dass gerade die Wirkungskategorien mit einer mangelhaften Validität zu bewerten sind und somit die dezidierte Ableitung lokaler Umweltprobleme auf Basis der Ökobilanzergebnisse zumindest limitiert ist.
- Getränkekartons haben einen hohen Anteil biobasierter Rohstoffe und sind als Einwegverpackungssysteme auf einen minimalen Packmitteleinsatz im Verhältnis zum Füllvolumen optimiert. Die Recyclingfähigkeit des Verbundmaterials ist derzeit auf den Faseranteil begrenzt, die Quote der werkstofflichen Verwertung ist im Vergleich mit recyclingfähigen Monomaterialverpackungen dementsprechend geringer.
- PET Einweggebinde zeigen in der aktuellen Status Quo Bilanzierung wenig ökobilanzielle Vorteile obwohl sie bei der reinen Betrachtung der Performanceindikatoren das beste Verhältnis zwischen Verpackung und Füllgut aufweisen. Die durchgeführten Varianten zu möglichen Optimierungsoptionen von PET Einwegflaschen im Getränkesegment Säfte

und Nektare zeigen zudem, dass auch eine Umsetzung der bilanzierten Verbesserungspotenziale den grundsätzlichen ökobilanziellen Befund nicht ändert.

- Glas-Mehrwegflaschen zeigen zwar hohe Verpackungsgewichte, die insbesondere die potenziellen Umweltlasten der Distribution treiben, nutzen aber aufgrund der Umlaufhäufigkeit die einmal produzierten Packmittel in effizienter Form weiter und zeigen somit nur geringe Lasten der Materialproduktion und -entsorgung.

Schon diese nicht abschließende Auflistung aller in der Studie aufgearbeiteten Vor- und Nachteile der einzelnen Verpackungssysteme – sei es auf der Ebene der Wirkungsabschätzung oder auf der Ebene der ergänzenden Performanceindikatoren, zeigt, dass eine erratische Auswahl einzelner Parameter wie Recyclingfähigkeit oder Naturraumbeanspruchung der vielschichtigen Diskussion in keiner Weise gerecht werden kann. Auch ein Verweis auf die Abfallhierarchie kann eine Diskussion um die potenziellen Umweltauswirkungen unterschiedlicher Verpackungskonzepte nicht ersetzen. Vielmehr sollte die starre Abfallhierarchie des KrWG auf Basis wissenschaftlich abgesicherter Erkenntnisse – bspw. auf Grundlage von Ökobilanzergebnissen – dynamisiert werden. Wichtiger ist es, das gesamte Umweltprofil der einzelnen Verpackungen im Blick zu behalten und vorhandene oder neue politische Steuerungsmodelle so einzusetzen, dass vorhandene Vorteile gestärkt und bestehende Nachteile langfristig minimiert werden.

Dabei ist wichtig zu wissen, dass alle Gebinde Optimierungspotenziale haben, die es langfristig zu heben gilt. Glas-Mehrwegflaschen profitieren von höheren Umlaufzahlen und niedrigeren Distributionsdistanzen, wie sie sich bei stärker fokussierter Regionalisierung erreichen lassen. PET-Einweggebilde profitieren von einer höheren werkstofflichen Verwertung – sinnvollerweise in Richtung von Closed-Loop-Konzepten und einer allgemeinen Materialreduktion. Auch Getränkekartons haben noch Optimierungspotenzial, bspw. durch die Reduktion der Verpackungsgewichte (insbesondere der Gewichte der Kunststoffanteile), der Substitution von Aluminiumanteilen oder der Erhöhung der Recyclingfähigkeit.

Dem Auftraggeber (FKN und die von ihm vertretenen Unternehmen Elopak GmbH, SIG Combibloc Group AG sowie Tetra Pak GmbH & Co. KG) sei empfohlen, die Ergebnisse der Studie stets inklusive aller getroffenen und notwendigen Einschränkungen zu kommunizieren.

Empfehlungen hinsichtlich der Kommunikation der Studienergebnisse

Hinsichtlich der Kommunikation in die politische Ebene und die Ebene der Wirtschaftsakteure hinein sollten die neuen Studienergebnisse in ein Verhältnis zu bereits vorhandenen Ergebnissen aus früheren, seitens der Politik auch akzeptierten Studien gesetzt werden (insbesondere den UBA-I- und UBA-II-Bilanzen). Durch diese Zusammenstellung kann den politischen Entscheidern und den Kreisen, in denen die Entscheidungen vorbereitet werden, aufgezeigt werden, ob und wenn ja, wo, Handlungsbedarf besteht und ob die derzeitigen gesetzlichen Anforderungen an die zukünftige Gestaltung des Verpackungsmarktes im Allgemeinen (Mehrwegförderung) und an die Verpackungssysteme im Speziellen (Förderung der Recyclingfähigkeit) die Ergebnisse der Studie in ausreichendem Maße reflektieren.

Den politischen Akteuren und den Akteuren der Wirtschaft sei empfohlen, die Studienergebnisse zur Kenntnis zu nehmen und sie bei der Fortentwicklung der regulatorischen Instrumente, bei der Definition von Maßnahmen und bei der Erstellung von Kampagnen in ausreichendem Maße transparent zu verarbeiten.

Hinsichtlich der Kommunikation an die Zivilgesellschaft und die interessierte Öffentlichkeit sei dem Auftraggeber empfohlen, nicht dem Wunsch nach Vereinfachung nachzukommen. Die Studie untersucht ein sehr weites Anwendungsspektrum von Getränkekartons, aber eben nicht alle Getränke-segmente, in denen diese Anwendung finden. Die Auswertung arbeitet mit Limitierungen, die sich zum Teil aus dem wissenschaftlichen Diskurs heraus ergeben. Eine Reduktion der Studienergebnisse auf ein allgemein verbindliches Ranking von Verpackungssystemen wird dem in dieser Ökobilanz durchgeführten Prozess nicht gerecht.

Den Akteuren der Zivilgesellschaft und der interessierten Öffentlichkeit sei daher auch empfohlen, die Ergebnisse der Studie in einem hinreichenden Detaillierungsgrad – also mindestens auf Ebene der Getränke-segmente – weiter zu transportieren. Den Wunsch nach einer einheitlichen und dennoch verbindlichen und wissenschaftlich fundierten Schwarz-Weiß-Differenzierung der deutschen Getränkeverpackungslandschaft können die Ergebnisse dieser Ökobilanz nicht bedienen.

Literaturverzeichnis

BASF (2011): Ökoeffizienz-Analyse Vergleich von Prozessierungsarten und Verpackungsalternativen für Apfelsaft; Ludwigshafen 2011

Bünemann et al. (2016): Institut cyclos-HTP - Folgenabschätzung einer Ausweitung der Pfandpflicht für Soft-Einwegverpackungen auf das PET-Recycling, Aachen Sept. 2016

De Leeuw (2002). De Leeuw, F. (2002). A set of emission categories for long-range trans-boundary air pollution. Bilthoven.

Carter, W. P. L. (2010). Development of the SARC-07 Chemical Mechanism and Updated Ozone Reactivity Scales. Updated Chemical Mechanisms for Airshed Model Applications. Supplementary Material. California Air Resources Board.

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.

Fehrenbach et al. (2015): Fehrenbach, H., B. Grahl, J. Giegrich, M. Busch (2015): Hemeroby as an impact category indicator for the integration of land use into LCA. International Journal of Life Cycle Assessment; [DOI 10.1007/s11367-015-0955-y](https://doi.org/10.1007/s11367-015-0955-y)

GVM (2014): Rückgabequote für schwermetallhaltige Kunststoffkästen in ausgewählten Getränkebereichen 2014 – im Auftrag von Genossenschaft Deutscher Brunnen e.G., Deutscher Brauer-Bund e.V., Wirtschaftsvereinigung Alkoholfreie Getränke e.V., Verband der deutschen Fruchtsaft-Industrie e.V. und PETCYCLE GmbH, Mainz 2016

Heijungs et al. (1992). Heijungs, R.; Guinée, J.; Lankreijer, RM.; Udo de Haes, HA.; Wegener, Sleeswijk (1992). Environmental life cycle assessment of products - Guide. Novem, rinv, Centre of Environmental Science (CML), Leiden, The Netherlands.

IPCC (2013). IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Stocker, T.F.; Qin, D.; Plattner, G.-K.; Tignor, M.; Allen, S.K. Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V. and Midgley, V. (eds.)). Cambridge University Press. Cambridge. United Kingdom and New York, NY, USA. pp. 1535.

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.

ISO 14046 (2014): Environmental management — Water footprint — Principles, requirements and guidelines. English version EN ISO 14046: 2014.

ISO/TS 14071 (2014): Life cycle assessment — Critical Review processes and reviewer competencies — Additional requirements and guidelines to ISO 14044. 2014.

Kauertz und Heinisch (2017): Kauertz, B.; Heinisch, J. Fachgutachten zur Ermittlung und Bestimmung der Verpackungen im Getränkesegment Säfte und Nektare und den Getränkegruppen H-Milch und pasteurisierte Konsummilch/ESL-Milch. Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH und GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH im Auftrag des Fachverbands für Kartonverpackungen für flüssige Lebensmittel e.V. Heidelberg/Mainz. 2017.

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>).

Roß (2017a): Exklusivstudie Distributionsentfernungen von Getränkeverpackungen 2015/2016 Arbeitsergebnisse H-Milch/ESL Milch 1 Liter. MarktSensor im Auftrag des Fachverbands für Kartonverpackungen für flüssige Lebensmittel e.V. Neuhausen. 2017.

Roß (2017b): Exklusivstudie Distributionsentfernungen von Getränkeverpackungen 2015/2016 Arbeitsergebnisse Fruchtsaft/Fruchtnektar 1 Liter. MarktSensor im Auftrag des Fachverbands für Kartonverpackungen für flüssige Lebensmittel e.V. Neuhausen. 2017.

Schüler (2017): Schüler, K. Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2015. UBA-Texte 106/2017. Dessau. 2017. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aufkommen-verwertung-von-verpackungsabfaellen-in-10>

The Nielsen Company (Germany) GmbH: DEUTSCHLAND 2015

Umweltbundesamt (2000a), Berlin (Hrsg.): Ökobilanz für Getränkeverpackungen II, Hauptteil. UBA-Texte 37/00, Berlin 2000

Umweltbundesamt (2000b), Berlin (Hrsg.): Ökobilanz für Getränkeverpackungen II, Materialsammlung. UBA-Texte 37/00, Berlin 2000

WMO (2011). World Meteorological Organization (2011). Scientific Assessment of Ozone Depletion. 2010. Global Ozone Research and Monitoring Project-Report No. pp. 52, 516. Geneva, Switzerland.