

TEXTE

124/2024

Abschlussbericht

# Ökobilanzielle Analyse von Optimierungspotentialen bei Getränkeverpackungen

von:

Fynn Hauschke, Dr. Till Zimmermann  
Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH, Hamburg

Benedikt Kauertz, Dr. Monika Dittrich, Andrea Drescher, Mirjam Busch  
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH

Kurt Schüler, Nicolas Cayé, Anke Leighty  
Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH, Mainz

Michael Ritthoff, Lucille Wulf, Dr. Henning Wilts  
Wuppertal Institut, Wuppertal

Herausgeber:

Umweltbundesamt



TEXTE 124/2024

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

Forschungskennzahl 3721 31 302 0  
FB001478

Abschlussbericht

# **Ökobilanzielle Analyse von Optimierungspotentialen bei Getränkeverpackungen**

von

Fynn Hauschke, Dr. Till Zimmermann  
Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH, Hamburg

Benedikt Kauertz, Dr. Monika Dittrich, Andrea Drescher,  
Mirjam Busch  
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg  
gGmbH

Kurt Schüler, Nicolas Cayé, Anke Leighty  
Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH, Mainz

Michael Ritthoff, Lucille Wulf, Dr. Henning Wilts  
Wuppertal Institut, Wuppertal

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
[buergerservice@uba.de](mailto:buergerservice@uba.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

### **Durchführung der Studie:**

Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH  
Nernstweg 32-34  
22765 Hamburg

### **Abschlussdatum:**

Oktobe 2023

### **Redaktion:**

Fachgebiet III 1.6 Kunststoffe und Verpackungen  
Gerhard Kotschik

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, August 2024

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

## **Kurzbeschreibung: Ökobilanzielle Analyse von Optimierungspotentialen bei Getränkeverpackungen**

In der vorliegenden ökobilanziellen Studie wurden prospektiv mit Zeithorizont 2030/2045 die Perspektiven unterschiedlicher Getränkeverpackungssysteme bei absehbaren Veränderungen der Rahmenbedingungen sowie bei Ausschöpfen möglicher antizipierter Optimierungspotenziale der Verpackungssysteme ermitteln. Es wurden 28 verschiedene Getränkeverpackungen untersucht, die sich den Systemen (Verpackungsgruppen) Glas-Mehrweg, PET-Mehrweg, PET-Einweg, Getränkedosen aus Aluminium und Getränkeverbundkartons zuordnen lassen.

Im Kern der Untersuchung stand dabei die Frage wie sich die Umweltwirkungen verschiedener Getränkeverpackungssysteme zukünftig unter Veränderungen der Rahmenbedingungen (Externe Potenziale: Welche Optimierungen ergeben sich durch das Umfeld? - Änderung im Mix an Energieträgern, Umstellung im Feedstock) und bei Ausschöpfen möglicher Optimierungspotenziale der Verpackungssysteme (Interne Potenziale: Wohin entwickeln sich die verpackungssystemspezifischen Parameter? - Gewichte, Umlaufzahlen, Materialzusammensetzung, Entsorgungswege, Distribution, Prozessdaten) darstellen.

### **Abstract: Life cycle assessment of optimization potentials for beverage packaging**

In this life cycle assessment study, the potential perspectives of various beverage packaging systems were prospectively analysed with a time horizon of 2030/2045 considering likely changes in the contextual conditions and the realisation of possible anticipated optimization potentials of the packaging systems. Twenty-eight different beverage packaging types were analysed within the packaging groups of reusable glass bottles, reusable PET bottles, single use PET Bottles, aluminium beverage cans and bonded drinks cartons.

At the core of the study was the question of how the environmental impacts of various beverage packaging systems will develop in the future under changes in the contextual conditions (External potentials: Which optimizations result from the context such as a change in the energy-mix and in the feedstock?) and if optimization potentials of the packaging systems are realized (Internal potentials: Where are the packaging system-specific parameters such as weight, material composition, use cycles of reusable packaging systems, disposal routes, distribution, and process data heading?).

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	16
Tabellenverzeichnis .....	22
Abkürzungsverzeichnis .....	34
Zusammenfassung .....	36
Bericht zur Kritischen Prüfung (Critical Review) .....	79
1 Einführung .....	86
1.1 Gründe für die Durchführung der Studie .....	86
1.2 Auftraggeber und Ersteller der Ökobilanz .....	86
1.3 Projektstruktur und Aufbau des Abschlussberichtes .....	86
1.4 Begleitkreis und kritische Prüfung .....	88
1.5 Konformitätserklärungen .....	92
2 Ziel der Studie .....	93
3 Untersuchungsrahmen .....	95
3.1 Zielsetzung des Arbeitspaketes .....	95
3.2 Aufbereitung der Mindestanforderungen .....	96
3.2.1 Struktur und wesentliche Inhalte der Mindestanforderungen .....	97
3.2.1.1 Allgemeine Aspekte .....	99
3.2.1.2 Zielsetzung .....	99
3.2.1.3 Untersuchungsrahmen .....	100
3.2.1.4 Sachbilanz .....	102
3.2.1.5 Wirkungsabschätzung .....	104
3.2.1.6 Auswertung .....	105
3.2.2 Festlegungen hinsichtlich der allgemeinen Bilanzierungs- bzw. Modellierungsmethodik .....	106
3.2.2.1 Festlegung der Funktionellen Einheit .....	107
3.2.2.2 Allokation .....	109
3.2.2.3 Wirkungsabschätzung .....	119
3.2.2.4 Auswertungsstrategien .....	133
3.3 Zusammenfassung der Modellierungsmethodik .....	136
3.3.1 Referenzsystem .....	137
3.3.2 Funktionelle Einheit .....	137
3.3.3 Systemgrenzen .....	137
3.3.3.1 Technische Systemgrenzen .....	138
3.3.3.2 Geografische Systemgrenzen .....	141

3.3.3.3	Zeitliche Systemgrenzen .....	141
3.3.4	Abschneidekriterien .....	142
3.3.5	Allokation .....	142
3.3.5.1	Systemallokation .....	142
3.3.5.2	Prozessallokation .....	143
3.3.5.3	Transportallokation .....	144
3.3.6	Anforderungen an die Datenqualität .....	145
3.3.6.1	Datentypen bei Prozessdaten .....	145
3.3.6.2	Datenarten .....	146
3.3.6.3	Einordnung der Datenqualität .....	147
3.3.7	Wirkungsabschätzung .....	148
3.3.7.1	Wirkungskategorien und -indikatoren .....	148
3.3.7.2	Optionale Bestandteile .....	153
3.3.8	Auswertung .....	153
3.3.9	Ergänzende Betrachtung von zusätzlichen Umweltwirkungen .....	157
3.3.9.1	Kunststoffemissionen .....	157
3.3.9.2	Geräuschemissionen .....	158
4	Datenerhebung .....	161
4.1	Recherche und Darstellung der Hintergrunddaten mit Perspektive bis 2045/50 .....	161
4.1.1	Zielsetzung des Arbeitspakets .....	161
4.1.2	Vorgehen im Arbeitspaket 1 .....	162
4.1.3	Einordnung der Annahmen und Ergebnisse der RESCUE Studie im aktuellen Vorhaben .....	162
4.1.4	Die RESCUE-Szenarien .....	164
4.1.4.1	Das Projekt RESCUE .....	164
4.1.4.2	Übersicht über die Szenarien .....	164
4.1.4.3	Übersicht über relevante Ergebnisse – Rückgang der Treibhausgasemissionen in den Green-Szenarien .....	168
4.1.4.4	Für das Projekt relevante Parameter .....	172
4.1.5	Auswahl für das Projekt .....	178
4.1.5.1	Kriterien für die Auswahl und Empfehlung .....	179
4.1.5.2	Ergebnis der Auswahl .....	181
4.2	Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien .....	182
4.2.1	Zielsetzung des Arbeitspakets .....	182
4.2.2	Auswahl der Verpackungssysteme .....	183

4.2.2.1	Definitionen und Abgrenzungen.....	184
4.2.2.2	Methode der Auswahl der Verpackungssysteme.....	188
4.2.2.3	Auswahl relevanter Verpackungsgruppen.....	189
4.2.2.4	Auswahl relevanter Verpackungssegmente .....	190
4.2.2.5	Ergebnis Verpackungsauswahl .....	192
4.2.3	Beschreibung und Spezifikation der Verpackungssysteme .....	195
4.2.4	Basisdaten und Optimierungsszenarien: Übersicht und Datenabfrage im Begleitkreis.....	199
4.2.4.1	Optimierungspotentiale.....	200
4.2.4.2	Datenabfrage im Begleitkreis .....	200
4.2.5	Materialeinsatz .....	201
4.2.5.1	Vorgehensweise.....	201
4.2.5.2	Materialeinsatz Basisdaten.....	203
4.2.5.3	Materialeinsatz in den Optimierungsszenarien.....	245
4.2.6	Umlaufzahlen .....	259
4.2.6.1	Definitionen .....	259
4.2.6.2	Vorgehensweise.....	261
4.2.6.3	Ergebnisse .....	265
4.2.7	Rezyklateinsatz.....	279
4.2.7.1	Definition .....	279
4.2.7.2	Vorgehensweise.....	280
4.2.7.3	Ergebnisse .....	283
4.2.8	Entsorgung .....	297
4.2.8.1	Mindestanforderungen für die Entsorgungswege.....	297
4.2.8.2	Annahmen aus dem GreenSupreme-Szenario .....	298
4.2.8.3	Vorgesehene Erfassungssysteme .....	298
4.2.8.4	Kunststoffflaschen .....	301
4.2.8.5	Glasflaschen.....	304
4.2.8.6	Etiketten.....	306
4.2.8.7	Getränkendosen .....	306
4.2.8.8	Getränkekarton.....	307
4.2.8.9	Verschlüsse .....	308
4.2.8.10	Zusammenfassung der Quoten für die Primärverpackungen .....	311
4.2.8.11	Andere Verpackungsbestandteile.....	318
4.2.8.12	Energetische Verwertung .....	320

4.2.9	Transportentfernungen .....	322
4.2.9.1	Grundlagen .....	322
4.2.9.2	Vorgehensweise.....	323
4.2.9.3	Basisdaten.....	326
4.2.9.4	Optimierungsszenarien.....	338
4.3	Ergänzende Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für das Getränkesegment Säfte und Nektare .....	345
4.3.1	Auswahl der Verpackungssysteme .....	346
4.3.1.1	Definitionen und Abgrenzungen.....	346
4.3.1.2	Auswahl relevanter Verpackungsgruppen.....	347
4.3.1.3	Auswahl relevanter Verpackungssegmente .....	347
4.3.2	Beschreibung und Spezifikation der Verpackungssysteme .....	348
4.3.3	Basisdaten und Optimierungsszenarien: Übersicht und Datenabfrage im Begleitkreis.....	348
4.3.3.1	Optimierungspotentiale.....	350
4.3.3.2	Datenabfrage im Begleitkreis .....	350
4.3.3.3	Diskussion im Begleitkreis .....	350
4.3.4	Materialeinsatz .....	350
4.3.4.1	Vorgehensweise.....	350
4.3.4.2	Materialeinsatz Basisdaten.....	350
4.3.4.3	Materialeinsatz in den Optimierungsszenarien.....	357
4.3.5	Umlaufzahlen .....	359
4.3.5.1	Definitionen .....	359
4.3.5.2	Vorgehensweise.....	360
4.3.5.3	Ergebnisse .....	361
4.3.6	Rezyklateinsatz.....	363
4.3.6.1	Definition .....	363
4.3.6.2	Vorgehensweise.....	363
4.3.6.3	Ergebnisse .....	363
4.3.7	Entsorgung .....	366
4.3.7.1	Kunststoffflaschen .....	366
4.3.7.2	Glasflaschen .....	368
4.3.7.3	Etiketten.....	368
4.3.7.4	Getränkekarton.....	368
4.3.7.5	Verschlüsse .....	369

4.3.7.6	Zusammenfassung der Quoten für die Primärverpackungen .....	370
4.3.7.7	Andere Verpackungsbestandteile.....	373
4.3.7.8	Energetische Verwertung .....	374
4.3.8	Transportentfernungen .....	376
4.3.8.1	Grundlagen .....	376
4.3.8.2	Datenquellen .....	376
4.3.8.3	Basisdaten.....	380
4.3.8.4	Optimierungsszenarien.....	385
5	Ökobilanzierung .....	389
5.1	Zielsetzung des Arbeitspaketes.....	389
5.2	Sachbilanz.....	389
5.2.1	Hintergrunddaten im Status quo .....	389
5.2.2	Rohmaterialien .....	390
5.2.3	Transporte und Strommix.....	391
5.2.4	Hintergrunddaten für die prospektiven Szenarien .....	391
5.2.5	Prozessdaten.....	392
5.2.6	Szenarien.....	393
5.3	Ergebnisse der Wirkungsabschätzung .....	395
5.3.1	Ergebnisse der 0,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment Bier (LFD 01) .....	396
5.3.1.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment Bier/ LFD 01) .....	396
5.3.1.2	Zwischenfazit (LFD 01) .....	400
5.3.2	Ergebnisse der 0,5 l Getränkendose aus Aluminium im Getränkesegment Bier (LFD 02) .....	400
5.3.2.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 02).....	400
5.3.2.2	Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 02) .....	405
5.3.2.3	Zwischenfazit (LFD 02) .....	406
5.3.3	Ergebnisse der 0,5 l Glas MW Flasche im Getränkesegment Bier (LFD 03).....	406
5.3.3.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 03).....	406
5.3.3.2	Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 03) .....	410
5.3.3.3	Zwischenfazit (LFD 03) .....	412
5.3.4	Ergebnisse der 0,33 l Glas MW Flasche im Getränkesegment Bier (LFD 04).....	413
5.3.4.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 04).....	413
5.3.4.2	Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 04) .....	416
5.3.4.3	Zwischenfazit (LFD 04) .....	417

5.3.5	Ergebnisse der 1,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 05) .....	418
5.3.5.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 05).....	418
5.3.5.2	Zwischenfazit (LFD 05) .....	421
5.3.6	Ergebnisse der 1,25 l PET EW Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 06) .....	422
5.3.6.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 06).....	422
5.3.6.2	Zwischenfazit (LFD 06) .....	425
5.3.7	Ergebnisse der 1,0 l PET EW Flasche mit Kasten im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 07) .....	425
5.3.7.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 07).....	425
5.3.7.2	Zwischenfazit (LFD 07) .....	429
5.3.8	Ergebnisse der 0,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 08) .....	429
5.3.8.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 08).....	429
5.3.8.2	Zwischenfazit (LFD 08) .....	433
5.3.9	Ergebnisse der 0,33 l Getränkendose aus Aluminium im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 09) .....	433
5.3.9.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 09).....	433
5.3.9.2	Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 09) .....	437
5.3.9.3	Zwischenfazit (LFD 09) .....	438
5.3.10	Ergebnisse der 0,25 l Getränkendose aus Aluminium im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 10) .....	439
5.3.10.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 10).....	439
5.3.10.2	Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 10) .....	442
5.3.10.3	Zwischenfazit (LFD 10) .....	443
5.3.11	Ergebnisse der 1,0 l PET MW Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 11) .....	443
5.3.11.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 11).....	443
5.3.11.2	Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 11) .....	447
5.3.11.3	Zwischenfazit (LFD 11) .....	448
5.3.12	Ergebnisse der 0,75 l Glas MW Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 12) .....	449
5.3.12.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 12).....	449
5.3.12.2	Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 12) .....	452
5.3.12.3	Zwischenfazit (LFD 12) .....	454

5.3.13	Ergebnisse der 0,7 l Glas MW Pool Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 13) .....	454
5.3.13.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 13).....	454
5.3.13.2	Zwischenfazit (LFD 13) .....	458
5.3.14	Ergebnisse der 0,5 l Glas MW Individual Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 14) .....	459
5.3.14.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 14).....	459
5.3.14.2	Zwischenfazit (LFD 14) .....	462
5.3.15	Ergebnisse der 0,33 l Glas MW Individual Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 15).....	463
5.3.15.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 15).....	463
5.3.15.2	Zwischenfazit (LFD 15) .....	466
5.3.16	Ergebnisse des 1,0 l Getränkeverbundkartons im Getränkesegment stille Getränke (LFD 16) .....	466
5.3.16.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 16).....	466
5.3.16.2	Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 16) .....	470
5.3.16.3	Zwischenfazit (LFD 16) .....	471
5.3.17	Ergebnisse der 1,5 l PET EW Flasche mit Kasten im Getränkesegment stille Getränke (LFD 17) .....	472
5.3.17.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 17).....	472
5.3.17.2	Zwischenfazit (LFD 17) .....	475
5.3.18	Ergebnisse der 1,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 18) ....	475
5.3.18.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 18).....	475
5.3.18.2	Zwischenfazit (LFD 18) .....	479
5.3.19	Ergebnisse der 1,0 l PET EW Flasche mit Kasten im Getränkesegment stille Getränke (LFD 19) .....	479
5.3.19.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 19).....	479
5.3.19.2	Zwischenfazit (LFD 19) .....	482
5.3.20	Ergebnisse der 1,0 l PET EW Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 20) ....	483
5.3.20.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 20).....	483
5.3.20.2	Zwischenfazit (LFD 20) .....	486
5.3.21	Ergebnisse der 0,75 l PET EW Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 21) ...	486
5.3.21.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 21).....	486
5.3.21.2	Zwischenfazit (LFD 21) .....	490
5.3.22	Ergebnisse der 0,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 22) ....	490
5.3.22.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien .....	490

5.3.22.2	Zwischenfazit (LFD 22) .....	493
5.3.23	Ergebnisse der 1,0 l PET MW Pool Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 23) .....	494
5.3.23.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 23).....	494
5.3.23.2	Zwischenfazit (LFD 23) .....	497
5.3.24	Ergebnisse der 0,75 l Glas MW Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 24) .....	497
5.3.24.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 24).....	497
5.3.24.2	Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 24) .....	500
5.3.24.3	Zwischenfazit (LFD 24) .....	501
5.3.25	Ergebnisse des 1,0 l Getränkeverbundkartons im Getränkesegment Säfte und Nektare (LFD 25) .....	502
5.3.25.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 25).....	502
5.3.25.2	Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 25) .....	505
5.3.25.3	Zwischenfazit (LFD 25) .....	507
5.3.26	Ergebnisse der 1,0 PET EW Flasche im Getränkesegment Säfte und Nektare (LFD 26) .....	508
5.3.26.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 26).....	508
5.3.26.2	Zwischenfazit (LFD 26) .....	511
5.3.27	Ergebnisse der 1,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment Säfte und Nektare (LFD 27) .....	512
5.3.27.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 27).....	512
5.3.27.2	Zwischenfazit (LFD 27) .....	515
5.3.28	Ergebnisse der 1,0 l Glas MW Pool Flasche im Getränkesegment Säfte und Nektare (LFD 28) .....	515
5.3.28.1	Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 28).....	515
5.3.28.2	Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten.....	519
5.3.28.3	Zwischenfazit (LFD 28) .....	520
5.3.29	Übergreifendes Zwischenfazit der ökobilanziellen Berechnungen .....	521
5.3.29.1	Trends in der prospektiven Entwicklung der Verpackungssysteme .....	521
5.3.29.2	Bewertung der Optimierungen.....	523
5.4	Ergänzende Auswertungen .....	525
5.4.1	Sektorale Auswertung weiterer Wirkungskategorien für ausgewählte Basisszenarien.....	525
5.4.1.1	Ergebnisse der 0,5 l Getränkendose aus Aluminium im Getränkesegment Bier (LFD 02) .....	525

5.4.1.2	Ergebnisse der 1,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 05) .....	530
5.4.1.3	Ergebnisse der 0,7 l Glas MW Pool Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 13) .....	536
5.4.1.4	Ergebnisse der 1,0 l PET MW Pool Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 23) .....	542
5.4.1.5	Ergebnisse des 1,0 l Getränkeverbundkartons im Getränkesegment Säfte und Nektare (LFD 25) .....	549
5.4.3	Ergebnisse der Bilanzierung von Kunststoff in der Umwelt .....	557
5.4.3.1	Ergebnisse der 0,5 l Getränkendose aus Aluminium im Getränkesegment Bier (LFD 02) .....	557
5.4.3.2	Ergebnisse der 1,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 05) .....	564
5.4.3.3	Ergebnisse der 0,7 l Glas MW Pool Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 13) .....	570
5.4.3.4	Ergebnisse der 1,0 l PET MW Pool Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 23) .....	576
5.4.3.5	Ergebnisse des 1,0 l Getränkeverbundkartons im Getränkesegment Säfte und Nektare (LFD 25) .....	582
5.4.3.6	Zwischenfazit zur Bilanzierung von Kunststoffen in der Umwelt .....	588
5.4.4	Ergebnisse der Bilanzierung möglicher Lärmemissionen .....	589
5.4.5	Bedeutung der Umlaufhäufigkeit in den prospektiven Szenarien.....	592
5.4.6	Bedeutung der Transportdistanzen in den prospektiven Szenarien .....	595
5.4.7	Bedeutung der Berücksichtigung des Füllgutes in der Bilanzierung.....	597
5.4.8	Übergreifendes Zwischenfazit der ergänzenden Auswertungen .....	600
6	Auswertung .....	603
6.1	Auswertestrategie.....	604
6.1.1	Strategie der Ergebnisverdichtung .....	604
6.1.2	Ergebnisverdichtung - Identifizierung und Differenzierung von Optimierungspotenzialen .....	605
6.1.3	Strategie zur Ableitung der Handlungsempfehlungen .....	609
6.2	Verpackungsgruppenübergreifende Trends .....	610
6.2.1	Verdichtung der Ergebnisse .....	610
6.2.2	Trends in der sektoralen Auswertung.....	612
6.2.3	Implikationen der Auswahl der Wirkungsindikatoren in prospektiven Ökobilanzen....	614
6.2.4	Konsistenz der Datengrundlage .....	615
6.2.5	Besonderheiten der Differenzierung interner und externer Optimierungspotenziale ..	616

6.3	Verpackungsgruppenspezifische Entwicklungen und Empfehlungen .....	616
6.3.1	Aluminium Getränkendose .....	616
6.3.2	PET-Einwegflasche .....	620
6.3.3	Glas-Mehrwegflasche .....	623
6.3.4	PET-Mehrwegflasche .....	627
6.3.5	Getränkeverbundkarton .....	630
6.4	Schlussfolgerungen und Handlungsoptionen .....	634
6.5	Forschungsbedarfe.....	644
7	Zusammenfassendes Fazit.....	645
8	Quellenverzeichnis .....	648

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Projektablaufs .....	38
Abbildung 2: Systemgrenzen für Aluminiumdosen in den betrachteten Getränkesegmenten.....	43
Abbildung 3: Systemgrenzen für PET-Einwegflaschen in den betrachteten Getränkesegmenten.....	44
Abbildung 4: Systemgrenzen für Glas-Mehrwegflaschen in den betrachteten Getränkesegmenten.....	44
Abbildung 5: Systemgrenzen für PET-Mehrwegflaschen in den betrachteten Getränkesegmenten.....	45
Abbildung 6: Systemgrenzen für Getränkeverbundkartons in den betrachteten Getränkesegmenten.....	45
Abbildung 7: Stellschrauben zur Optimierung der Aluminiumgetränkendosen .....	50
Abbildung 8: Stellschrauben zur zukünftigen Optimierung von PET-Einwegflaschen .....	51
Abbildung 9: Stellschrauben zur zukünftigen Optimierung von Glas- Mehrwegflaschen .....	52
Abbildung 10: Stellschrauben zur Optimierung der PET-Mehrwegflasche .....	54
Abbildung 11: Stellschrauben zur zukünftigen Optimierung von Getränkeverbundkartons .....	56
Abbildung 12: Schematische Darstellung des Projektablaufs .....	87
Abbildung 13: Projektstruktur, Arbeitsschritte nach ISO-Norm und Dokumentation .....	88
Abbildung 14: Darstellung des Ziels und der erwarteten Ergebnisse dieser Studie .....	93
Abbildung 15: Darstellung des Arbeitsprozesses in Arbeitspaket 3.....	96
Abbildung 16: Übergeordnete Bereiche einer Getränkeökobilanz, für die Anforderungen definiert werden. ....	97
Abbildung 17: Darstellung der Beziehung zwischen den ISO-Normen für die Ökobilanzierung und den UBA-Mindestanforderungen für Getränkeverpackungen .....	99
Abbildung 18: 50 % Allokations-Ansatz.....	113
Abbildung 19: 100 % Allokations-Ansatz.....	114
Abbildung 20: Abgrenzung des Substitutionsfaktors von der Effizienz des Recyclingprozesses .....	115
Abbildung 21: Mögliche Emissionsquellen von Mikroplastik entlang des Lebenszyklus einer Getränkeverpackung.....	123
Abbildung 22: Verpackungsauswahl .....	126
Abbildung 23: Im PLP Modell berücksichtigte Aspekte.....	127
Abbildung 24: Vereinfachte Darstellung der im Basisansatz der PLP-Methode berücksichtigten Makro- und Mikroplastikemissionen anhand des Systembildes für Getränkeverpackungen.....	129

Abbildung 25: Systemgrenzen für Aluminiumdosen in den betrachteten Getränkesegmenten .....	139
Abbildung 26: Systemgrenzen für PET-Einwegflaschen in den betrachteten Getränkesegmenten .....	139
Abbildung 27: Systemgrenzen für Glas-Mehrwegflaschen in den betrachteten Getränkesegmenten .....	140
Abbildung 28: Systemgrenzen für PET-Mehrwegflaschen in den betrachteten Getränkesegmenten .....	140
Abbildung 29: Systemgrenzen für Getränkeverbundkartons in den betrachteten Getränkesegmenten .....	141
Abbildung 30: Links: Aufteilung der Umweltbeeinflussungen (Kraftstoffverbrauch und Emissionen) in den konstanten Anteil B(leer) (grau) und den auslastungsabhängigen Anteil B(Last) (rot); Rechts: Berechnung der Allokation des lastabhängigen Anteils B(last) .....	144
Abbildung 31: Darstellung Prozesse 1. Ordnung und Prozesse 2. Ordnung anhand der typischen Lebenswegabschnitte von Getränkeverpackungssystemen .....	146
Abbildung 32: Beispielhafte Darstellung der Ergebnisaufbereitung im Rahmen der Auswertung .....	156
Abbildung 33: Zusammenfassende Darstellung des PLP; der berücksichtigten Emissionsquellen, Eintragsmechanismen und Umweltkompartimente .....	157
Abbildung 34: Emissionskurven von RLS 90 und RLS 19. Längenbezogener Schallleistungspegel in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit jeweils für ein Fahrzeug. In Blau nach den RLS90 und in Schwarz nach den RLS19. ....	160
Abbildung 35: Arbeitsschritte im Arbeitspaket 1 .....	162
Abbildung 36: THG-Emissionen in 2030 gegenüber 1990 und 2010 im Szenario- Vergleich (ohne LULUCF und internationaler Verkehr).....	169
Abbildung 37: THG-Emissionen in 2050 gegenüber 1990 und 2010 im Szenario- Vergleich (ohne LULUCF und internationaler Verkehr).....	170
Abbildung 38: THG-Emissionen in 2050 nach Quellgruppen im Szenario-Vergleich .....	171
Abbildung 39: Entwicklung der verbleibenden, angerechneten Treibhausgasemissionen der Green-Szenarien .....	180
Abbildung 40: Bezugsjahre der Verpackungsauswahl und Szenarien.....	183
Abbildung 41: Definition Verpackungsgruppe .....	187
Abbildung 42: Definition Verpackungssystem .....	188
Abbildung 43: Auswahl von 20 Verpackungsgruppen mit mehr als 5 % des Füllgutverbrauchs eines Getränkesegmentes – Ergebnisse Bezugsjahr 2020 .....	189
Abbildung 44: Auswahl von 33 Verpackungssystemen – Ergebnisse Bezugsjahr 2020.....	191

Abbildung 45: Auswahl von 33 Verpackungssystemen unter Berücksichtigung der Füllgrößen, die unter dem 5 % Schwellenwert liegen – Ergebnisse Bezugsjahr 2020 .....	191
Abbildung 46: Auswahl von 24 Verpackungssystemen bei einer Verdichtung von MW-Pool und MW-Individualflaschen und Zusammenfassung sortenübergreifend eingesetzter Verpackungen – Ergebnisse Bezugsjahr 2020 .....	194
Abbildung 47: Verpackungsspezifikationen nach Verpackungsstufen.....	197
Abbildung 48: Beispiel zur Beschreibung eines Verpackungssystems unter Berücksichtigung der vertikalen Vielfalt.....	198
Abbildung 49: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Bier.....	204
Abbildung 50: Basisdaten Bier für ausgewählte Verpackungssysteme – gemitteltes Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen .....	205
Abbildung 51: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Einweg Wässer mit Kohlensäure.....	209
Abbildung 52: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Mehrweg Wässer mit Kohlensäure.....	210
Abbildung 53: Basisdaten karbonisierte Wässer in Einweggebinde für ausgewählte Verpackungssysteme – gemitteltes Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen .....	212
Abbildung 54: Basisdaten karbonisierte Wässer in Mehrweg für ausgewählte Verpackungssysteme – gemitteltes Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen .....	213
Abbildung 55: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Einweg Wässer ohne Kohlensäure.....	214
Abbildung 56: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Mehrweg Wässer ohne Kohlensäure.....	215
Abbildung 57: Basisdaten stille Wässer in Einweg für ausgewählte Verpackungssysteme – gemitteltes Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen .....	217
Abbildung 58: Basisdaten stille Wässer in Mehrweg für ausgewählte Verpackungssysteme – gemitteltes Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen .....	218

Abbildung 59: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Einweg	
Erfrischungsgetränke mit Kohlensäure .....	227
Abbildung 60: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Mehrweg	
Erfrischungsgetränke mit Kohlensäure .....	228
Abbildung 61: Basisdaten karbonisierte Erfrischungsgetränke in Einweg für	
ausgewählte Verpackungssysteme – gemitteltes	
Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht	
in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht	
in g pro 1 l Füllvolumen .....	230
Abbildung 62: Basisdaten karbonisierte Erfrischungsgetränke in Mehrweg für	
ausgewählte Verpackungssysteme – gemitteltes	
Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht	
in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht	
in g pro 1 l Füllvolumen .....	231
Abbildung 63: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Einweg	
Erfrischungsgetränke ohne Kohlensäure.....	232
Abbildung 64: Basisdaten stille Erfrischungsgetränke in Einweg für ausgewählte	
Verpackungssysteme – gemitteltes Ladungsgewicht einer	
Palette unterteilt in Verpackungsgewicht in kg gesamt,	
Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l	
Füllvolumen .....	234
Abbildung 65: Vorgehensweise Ermittlung der Umlaufzahl der Basisdaten .....	262
Abbildung 66: Quellen des Stoffstrommodells zu PET-Getränkeflaschen .....	281
Abbildung 67: Entwicklung der Rezyklateinsatzquoten nach Glasfarben bis 2045	
.....	289
Abbildung 68: Vergleich der Recyclingzuführungsquoten, Basisdaten und	
Optimierungsszenarien .....	303
Abbildung 69: Untersuchte Streckenabschnitte der Deloitte-Studie zu	
Transportentfernungen.....	324
Abbildung 70: Vorgehensweise zur Bestimmung der Transportentfernungen ....	325
Abbildung 71: Vergleich der Transportentfernungen für Bier-Mehrwegflaschen	
GVM (2011) und Deloitte .....	338
Abbildung 72: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Säfte,	
Nektare .....	351
Abbildung 73: Basisdaten Säfte und Nektare für ausgewählte Verpackungssysteme	
– gemitteltes Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in	
Verpackungsgewicht in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und	
Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen.....	353
Abbildung 74: Sektorale Auswertung Klimawandel (LFD 01).....	397
Abbildung 75: Sektorale Auswertung (LFD 02) .....	402
Abbildung 76: Sektorale Auswertung Klimawandel (LFD 03).....	408
Abbildung 77: Sektorale Auswertung (LFD 04) .....	414
Abbildung 78: Sektorale Auswertung (LFD 05) .....	419
Abbildung 79: Sektorale Auswertung (LFD 06) .....	423

Abbildung 80: Sektorale Auswertung (LFD 07) .....	427
Abbildung 81: Sektorale Auswertung (LFD 08) .....	431
Abbildung 82: Sektorale Auswertung (LFD 09) .....	435
Abbildung 83: Sektorale Auswertung (LFD 10) .....	440
Abbildung 84: Sektorale Auswertung (LFD 11) .....	445
Abbildung 85: Sektorale Auswertung (LFD 12) .....	450
Abbildung 86: Sektorale Auswertung (LFD 13) .....	456
Abbildung 87: Sektorale Auswertung (LFD 14) .....	460
Abbildung 88: Sektorale Auswertung (LFD 15) .....	464
Abbildung 89: Sektorale Auswertung (LFD 16) .....	468
Abbildung 90: Sektorale Auswertung (LFD 17) .....	473
Abbildung 91: Sektorale Auswertung (LFD 18) .....	476
Abbildung 92: Sektorale Auswertung (LFD 19) .....	480
Abbildung 93: Sektorale Auswertung (LFD 20) .....	484
Abbildung 94: Sektorale Auswertung (LFD 21) .....	488
Abbildung 95: Sektorale Auswertung (LFD 22) .....	491
Abbildung 96: Sektorale Auswertung (LFD 23) .....	495
Abbildung 97: Sektorale Auswertung (LFD 24) .....	498
Abbildung 98: Sektorale Auswertung (LFD 25) .....	503
Abbildung 99: Sektorale Auswertung (LFD 26) .....	509
Abbildung 100: Sektorale Auswertung (LFD 27) .....	513
Abbildung 101: Sektorale Auswertung (LFD 28) .....	517
Abbildung 102: Sektorale Auswertung Naturfernepotenzial (LFD 02).....	526
Abbildung 103: Sektorale Auswertung aquatische Eutrophierung (LFD 02).....	528
Abbildung 104: sektorale Auswertung Versauerung (LFD 02) .....	530
Abbildung 105: Sektorale Auswertung Naturfernepotenzial (LFD 05).....	532
Abbildung 106: Sektorale Auswertung aquatische Eutrophierung (LFD 05).....	534
Abbildung 107: Sektorale Auswertung Versauerung (LFD 05) .....	536
Abbildung 108: Sektorale Auswertung Naturfernepotenzial (LFD 13).....	538
Abbildung 109: Sektorale Auswertung aquatische Eutrophierung (LFD 13).....	540
Abbildung 110: Sektorale Auswertung Versauerung (LFD 13) .....	542
Abbildung 111: Sektorale Auswertung Naturfernepotenzial (LFD 23).....	544
Abbildung 112: Sektorale Auswertung aquatische Eutrophierung (LFD 23).....	546
Abbildung 113: Sektorale Auswertung Versauerung (LFD 23) .....	548
Abbildung 114: Sektorale Auswertung Naturfernepotenzial (LFD 25).....	550
Abbildung 115: Sektorale Auswertung aquatische Eutrophierung (LFD 25).....	552
Abbildung 116: Sektorale Auswertung Versauerung (LFD 25) .....	554
Abbildung 117: Makroplastikemissionen ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 02) .....	559
Abbildung 118: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und - verarbeitung ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 02).....	561
Abbildung 119: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 02) ....	563

Abbildung 120: Makroplastikemissionen ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 05) .....	565
Abbildung 121: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 05).....	567
Abbildung 122: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 05) ....	569
Abbildung 123: Makroplastikemissionen ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD13) .....	571
Abbildung 124: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 13).....	573
Abbildung 125: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 13) ....	575
Abbildung 126: Makroplastikemissionen ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 23) .....	577
Abbildung 127: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 23).....	579
Abbildung 128: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 23) ....	581
Abbildung 129: Makroplastikemissionen ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 25) .....	583
Abbildung 130: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 25).....	585
Abbildung 131: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 25) ....	587
Abbildung 132: Veranschaulichung der Skala für die Gesamtentwicklung symmetrischer Szenarien .....	607
Abbildung 133: Veranschaulichung der Skala für differenzierte Optimierungspotenziale .....	607
Abbildung 134: Beispiel für die grafische Auswertung der Ökobilanzergebnisse.	608
Abbildung 135: Übersicht der Entwicklung in der Verpackungsgruppe Aluminium Getränkendose .....	618
Abbildung 136: Stellschrauben zur Optimierung der Aluminiumgetränkendosen.	620
Abbildung 137: Übersicht der Entwicklungen in der Verpackungsgruppe PET-Einwegflaschen.....	621
Abbildung 138: Stellschrauben zur zukünftigen Optimierung von PET-Einwegflaschen.....	622
Abbildung 139: Übersicht der Entwicklungen in der Verpackungsgruppe Glas-Mehrwegflaschen.....	624
Abbildung 140: Stellschrauben zur zukünftigen Optimierung von Glas-Mehrwegflaschen.....	626

Abbildung 141: Übersicht der Entwicklungen in der Verpackungsgruppe PET-Mehrwegflaschen .....	628
Abbildung 142: Stellschrauben zur Optimierung der PET-Mehrwegflasche .....	629
Abbildung 143: Übersicht der Entwicklungen in der Verpackungsgruppe Getränkeverbundkartons .....	631
Abbildung 144: Stellschrauben zur zukünftigen Optimierung von Getränkeverbundkartons .....	633
Abbildung 145: Zusammenfassung der Stellschrauben zur Gewichtsreduktion, ihrer Wirkung auf die Systeme und resultierender Optimierungsoptionen .....	637
Abbildung 146: Zusammenfassung der Stellschrauben zum Sekundärmaterialeinsatz, ihrer Wirkung auf die Systeme und resultierender Optimierungsoptionen .....	638
Abbildung 147: Zusammenfassung der Stellschrauben zu Energieeinsatz und -erzeugung, ihrer Wirkung auf die Systeme und resultierender Optimierungsoptionen .....	640
Abbildung 148: Zusammenfassung der Stellschrauben zu Distributionsdistanzen, Einsatz von E-LKW und Zuführung zur Verwertung, ihrer Wirkung auf die Systeme und resultierender Optimierungsoptionen .....	642

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Betrachtete Getränkeverpackungssysteme .....	41
Tabelle 2: Im Begleitkreis vertretene Akteursgruppen und Organisationen .....	88
Tabelle 3: Überblick über die Inhalte der Begleitkreistreffen sowie über deren zeitliche Verteilung über die Projektlaufzeit .....	90
Tabelle 4: Tabellarische Zusammenfassung von Zielsetzung, Scope und funktioneller Einheit .....	94
Tabelle 5: In Kauertz et al. 2020a verwendete Substitutionsfaktoren zur Berechnung der Gutschriften für Recyclingmaterialien .....	115
Tabelle 6: Die Zehn mengenmäßig bedeutendsten Emissionsquellen von Mikroplastik in Deutschland nach Bertling et al. 2018 .....	124
Tabelle 7: Im Basisszenario verwendete Substitutionsfaktoren .....	143
Tabelle 8: Beschreibung Wirkungskategorie „Ressourcenbeanspruchung“ .....	150
Tabelle 9: Beschreibung Wirkungskategorie „Naturraumbeanspruchung“ .....	150
Tabelle 10: Beschreibung Wirkungskategorie „Süßwasserbeanspruchung“ .....	150
Tabelle 11: Beschreibung Wirkungskategorie „Klimawandel“ .....	151
Tabelle 12: Beschreibung Wirkungskategorie „Eutrophierung und Sauerstoffzehrung“ .....	151
Tabelle 13: Beschreibung Wirkungskategorie „Versauerung“ .....	152
Tabelle 14: Beschreibung Wirkungskategorie „Photochemische Oxidantienbildung/Sommersmog“ .....	152
Tabelle 15: Beschreibung Wirkungskategorie „stratosphärischer Ozonabbau“ ...	152

Tabelle 16: Beschreibung Wirkungskategorie „Humantoxizität“ .....	152
Tabelle 17: Beschreibung Wirkungskategorie "Toxische Schädigung von Menschen durch Feinstaub" .....	153
Tabelle 18: Das Ambitionsniveau der Green-Szenarien im Vergleich.....	168
Tabelle 19: Treibhausgasminderung im Zielpunkt (2050) der Green-Szenarien mit Berücksichtigung von LULUCF und des internationalen Verkehrs.....	171
Tabelle 20: Übersicht über Parameter im Energiebereich in den Green-Szenarien .....	173
Tabelle 21: Modal Split Güterverkehr, Inland in 2030 und 2050 in den Green-Szenarien in %.....	174
Tabelle 22: Sekundäranteile in der Glas-, Aluminium- und Papierindustrie in den Green-Szenarien in 2030 und 2050 .....	176
Tabelle 23: Recyclingquote der Kunststoffe (post-consumer) in 2030 und 2050.	176
Tabelle 24: Annahmen zur jährlichen Steigerung der Ressourceneffizienz in sonstigen Industriezweigen.....	177
Tabelle 25: Parameter für die Beschreibung der Verpackungssysteme .....	196
Tabelle 26: Auswahl relevanter Fachliteratur zur Bearbeitung der Basisdaten....	199
Tabelle 27: Materialeinsatz Primär-, Umverpackung und Transportverpackung – Basisdaten Bier .....	206
Tabelle 28: Stapelpläne Packmittel – Basisdaten Bier .....	207
Tabelle 29: Materialeinsatz Primär- und Umverpackung – Basisdaten karbonisierte Wässer .....	219
Tabelle 30: Materialeinsatz Transportverpackung – Basisdaten karbonisierte Wässer .....	220
Tabelle 31: Stapelpläne Packmittel – Basisdaten karbonisierte Wässer.....	221
Tabelle 32: Materialeinsatz Primär- und Umverpackung – Basisdaten stille Wässer .....	222
Tabelle 33: Materialeinsatz Transportverpackung – Basisdaten stille Wässer....	224
Tabelle 34: Stapelpläne Packmittel – Basisdaten stille Wässer .....	225
Tabelle 35: Materialeinsatz Primär- und Umverpackung – Basisdaten karbonisierte Erfrischungsgetränke.....	235
Tabelle 36: Materialeinsatz Transportverpackung – Basisdaten karbonisierte Erfrischungsgetränke.....	236
Tabelle 37: Stapelpläne Packmittel – Basisdaten karbonisierte Erfrischungsgetränke.....	238
Tabelle 38: Materialeinsatz Primär- und Umverpackung – Basisdaten stille Erfrischungsgetränke.....	240
Tabelle 39: Materialeinsatz Transportverpackung – Basisdaten stille Erfrischungsgetränke.....	241
Tabelle 40: Stapelpläne Packmittel – Basisdaten stille Erfrischungsgetränke .....	243
Tabelle 41: Materialreduktion Mehrweg-Glasflaschen in den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 im Vergleich zu den Basisdaten .....	246

Tabelle 42: Materialreduktion Mehrweg-Kunststoffflaschen in den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 im Vergleich zu den Basisdaten .....	247
Tabelle 43: Materialreduktion Einweg-Kunststoffflaschen in den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 im Vergleich zu den Basisdaten .....	249
Tabelle 44: Materialreduktion Getränkendose in den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 im Vergleich zu den Basisdaten.....	250
Tabelle 45: Materialreduktion Getränkekarton in den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 im Vergleich zu den Basisdaten.....	251
Tabelle 46: Zusammenfassung des Materialeinsatzes der Hauptpackmittel in Gramm im Basisdaten- und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045.....	253
Tabelle 47: Entwicklung des Materialeinsatzes für Nebenpackmittel und Transportverpackungen in den Optimierungsszenarien 2030 und 2045.....	257
Tabelle 48: Umlaufzahlen Flaschen und Kästen – Getränkesegment karbonisierte Wässer .....	266
Tabelle 49: Umlaufzahlen Flaschen und Kästen – Getränkesegment stille Wässer .....	266
Tabelle 50: Umlaufzahlen Flaschen und Kästen – Getränkesegment karbonisierte Erfrischungsgetränke.....	270
Tabelle 51: Basisdaten Umlaufzahlen Flaschen und Kästen – Getränkesegment Bier.....	272
Tabelle 52: Zusammenfassung der Umlaufzahlen der Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 .....	277
Tabelle 53: Rezyklateinsatzquote in PET-Getränkeflaschen nach Verpackungssystemen in den Basisdaten .....	283
Tabelle 54: Rezyklateinsatzquote in PET-Getränkeflaschen nach Verpackungssystemen in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 .....	285
Tabelle 55: Rezyklateinsatzquoten für Glas-Getränkeflaschen nach Verpackungssystemen in den Basisdaten .....	288
Tabelle 56: Optimierungspotentiale der Rezyklateinsatzquoten für Glas-Getränkeflaschen nach Verpackungssystemen.....	288
Tabelle 57: Optimierungsszenarien der Rezyklateinsatzquoten für Glas-Getränkeflaschen 2030 und 2045 nach Verpackungssystemen .....	290
Tabelle 58: Zusammenfassung der Rezyklateinsatzquoten in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 .....	292
Tabelle 59: Rezyklateinsatzquoten in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 .....	297
Tabelle 60: Vorgesehene und tatsächliche Erfassungssysteme der Packmittelebenen nach Verpackungsgruppen.....	299

Tabelle 61: Rücklaufquoten für PET-Getränkeflaschen (Bezugsjahr 2019).....	301
Tabelle 62: Optimierungsszenarien der Recyclingzuführungsquoten für PET-Getränkeflaschen.....	303
Tabelle 63: Basisdaten und Optimierungsszenarien der Recyclingquoten für Glas-Getränkeflaschen 2030 und 2045 .....	305
Tabelle 64: Entsorgungswege von Getränkendosen.....	306
Tabelle 65: Quoten für Primärverpackungen (Basisdaten).....	312
Tabelle 66: Verschlusrücklaufquoten Basisdaten (unter Berücksichtigung der Erfassung der Primärverpackungen) .....	313
Tabelle 67: Quoten für Primärverpackungen im Optimierungsszenario 2030 ....	314
Tabelle 68: Quoten für Primärverpackungen im Optimierungsszenario 2045 ....	316
Tabelle 69: Verschlusrücklaufquoten in den Optimierungsszenarien (unter Berücksichtigung der Erfassungsquote der Primärverpackung)	318
Tabelle 70: Quoten für Um- und Transportverpackungen, Basisdaten .....	319
Tabelle 71: Quoten für Um- und Transportverpackungen, Optimierungsszenario 2030 .....	320
Tabelle 72: Quoten für Um- und Transportverpackungen, Optimierungsszenario 2045 .....	320
Tabelle 73: Energetische Verwertung, Basisdaten und Optimierungsszenarien ..	321
Tabelle 74: Übersicht und Zusammensetzung der Transportentfernung nach der Deloitte-Studie.....	327
Tabelle 75: Transportentfernungen für den Flaschentausch im Getränkesegment Bier.....	332
Tabelle 76: Transportentfernungen für den Flaschentausch im Getränkesegment Wässer .....	333
Tabelle 77: Transportentfernungen für den Flaschentausch im Getränkesegment Erfrischungsgetränke.....	333
Tabelle 78: Basisdaten Transportentfernungen (in km) .....	335
Tabelle 79: Transportentfernungen für Erfrischungsgetränke in Einweg-PET-Flaschen nach Deloitte und Fruchtsäfte im Getränkekarton nach MarktSensor im Vergleich .....	337
Tabelle 80: Einfluss verschiedener Entwicklungen auf die Transportentfernungen .....	341
Tabelle 81: Optimierungsszenario 2030: Transportentfernungen (in km) .....	343
Tabelle 82: Optimierungsszenario 2045: Transportentfernungen (in km) .....	344
Tabelle 83: Entwicklung der Transportentfernungen (in km) .....	345
Tabelle 84: Parameter für die Beschreibung der Verpackungssysteme .....	348
Tabelle 85: Auswahl relevanter Fachliteratur zur Bearbeitung der Basisdaten....	349
Tabelle 86: Materialeinsatz Primär-, Umverpackung und Transportverpackung – Basisdaten Säfte, Nektare .....	354
Tabelle 87: Stapelpläne Packmittel – Basisdaten Säfte, Nektare.....	356

Tabelle 88: Zusammenfassung des Materialeinsatzes der Hauptpackmittel in Gramm für die Basisdaten und für die Optimierungsszenarien 2030 und 2045.....	358
Tabelle 89: Entwicklung des Materialeinsatzes für Nebenpackmittel und Transportverpackungen in den Optimierungsszenarien 2030 und 2045.....	359
Tabelle 90: Umlaufzahlen Flaschen und Kästen – Getränkesegment Säfte, Nektare .....	361
Tabelle 91: Zusammenfassung der Umlaufzahlen der Basisdaten und der Optimierungsszenarien 2030 und 2045 .....	363
Tabelle 92: Zusammenfassung der Rezyklateinsatzquoten in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 .....	365
Tabelle 93: Rezyklateinsatzquoten in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 .....	366
Tabelle 94: Auswirkungen der Barrièreschichten auf den Recyclingprozess.....	366
Tabelle 95: Optimierungsszenarien der Recyclingzuführungsquoten für PET-Getränkeflaschen.....	367
Tabelle 96: Basisdaten und Optimierungsszenarien der Recyclingquoten für Glas-Getränkeflaschen 2030 und 2045 .....	368
Tabelle 97: Quoten für Primärverpackungen (Basisdaten).....	370
Tabelle 98: Verschlusrücklaufquoten Basisdaten (unter Berücksichtigung der Erfassung der Primärverpackungen) .....	371
Tabelle 99: Quoten für Primärverpackungen im Optimierungsszenario 2030 .....	371
Tabelle 100: Quoten für Primärverpackungen im Optimierungsszenario 2045 ...	372
Tabelle 101: Verschlusrücklaufquoten in den Optimierungsszenarien (unter Berücksichtigung der Erfassungsquote der Primärverpackung) .....	373
Tabelle 102: Quoten für Um- und Transportverpackungen, Basisdaten .....	374
Tabelle 103: Energetische Verwertung, Basisdaten und Optimierungsszenarien	375
Tabelle 104: Vergleich der Transportentfernungen nach Deloitte (2013), MarktSensor (2016) und Angaben des VdF.....	379
Tabelle 105: Basisdaten Transportentfernungen (in km) .....	384
Tabelle 106: Optimierungsszenario 2030: Transportentfernungen (in km) .....	387
Tabelle 107: Optimierungsszenario 2045: Transportentfernungen (in km) .....	387
Tabelle 108: Entwicklung der Transportentfernungen (in km) .....	388
Tabelle 109: Identifikationsmerkmale für die Benennung der Szenarien.....	394
Tabelle 110: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 01) .....	396
Tabelle 111: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 01).....	399
Tabelle 112: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 02) .....	401
Tabelle 113: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 02).....	403

Tabelle 114: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 02) – Sensitivität .....	405
Tabelle 115: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 03) .....	406
Tabelle 116: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 03).....	409
Tabelle 117: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 03) – inklusive Varianten.....	411
Tabelle 118: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 04) .....	413
Tabelle 119: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 04).....	415
Tabelle 120: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 04) – inklusive Varianten.....	416
Tabelle 121: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 05) .....	418
Tabelle 122: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 05).....	420
Tabelle 123: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 06) .....	422
Tabelle 124: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 06).....	424
Tabelle 125: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse LFD 07 .....	426
Tabelle 126: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 07).....	428
Tabelle 127: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 08) .....	430
Tabelle 128: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 08).....	432
Tabelle 129: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 09) .....	434
Tabelle 130: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 09).....	436
Tabelle 131: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 09).....	438
Tabelle 132: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 10) .....	439
Tabelle 133: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 10).....	441
Tabelle 134: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 10).....	442
Tabelle 135: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 11) .....	444

Tabelle 136: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 11).....	446
Tabelle 137: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 11) – inklusive Varianten .....	447
Tabelle 138: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 12) .....	449
Tabelle 139: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 12).....	451
Tabelle 140: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 12) – inklusive Varianten .....	453
Tabelle 141: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 13) .....	455
Tabelle 142: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 13).....	457
Tabelle 143: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 14) .....	459
Tabelle 144: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 14).....	461
Tabelle 145: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 15) .....	463
Tabelle 146: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 15).....	465
Tabelle 147: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 16) .....	466
Tabelle 148: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 16).....	469
Tabelle 149: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 16) – inklusive Varianten .....	470
Tabelle 150: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 17) .....	472
Tabelle 151: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 17).....	474
Tabelle 152: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 18) .....	475
Tabelle 153: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 18).....	478
Tabelle 154: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 19) .....	479
Tabelle 155: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 19).....	481
Tabelle 156: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 20) .....	483
Tabelle 157: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 20).....	485

Tabelle 158: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 21) .....	486
Tabelle 159: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 21).....	489
Tabelle 160: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 22) .....	490
Tabelle 161: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 22).....	492
Tabelle 162: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 23) .....	494
Tabelle 163: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 23).....	495
Tabelle 164: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 24) .....	497
Tabelle 165: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 24).....	499
Tabelle 166: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 24) – inklusive Varianten .....	500
Tabelle 167: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 25) .....	502
Tabelle 168: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 25).....	504
Tabelle 169: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 25) – inklusive Varianten .....	506
Tabelle 170: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 25) – inklusive Varianten.....	507
Tabelle 171: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 26) .....	508
Tabelle 172: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 26).....	510
Tabelle 173: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 27) .....	512
Tabelle 174: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 27).....	514
Tabelle 175: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 28) .....	516
Tabelle 176: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 28).....	518
Tabelle 177: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 28) SQ-SQ – inklusive Sensitivität.....	519
Tabelle 178: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 28) SQ-SQ – inklusive Sensitivität.....	520
Tabelle 179: Naturfernepotenzial NFP: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 02) .....	525

Tabelle 180: Aquatische Eutrophierung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 02) .....	527
Tabelle 181: Versauerung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 02) .....	528
Tabelle 182: Naturfernepotenzial NFP: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 05) .....	531
Tabelle 183: Aquatische Eutrophierung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 05) .....	533
Tabelle 184: Versauerung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 05) .....	535
Tabelle 185: Naturfernepotenzial NFP: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 13) .....	537
Tabelle 186: Aquatische Eutrophierung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 13) .....	539
Tabelle 187: Versauerung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 13) .....	541
Tabelle 188: Naturfernepotenzial NFP: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 23) .....	543
Tabelle 189: Aquatische Eutrophierung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 23) .....	545
Tabelle 190: Versauerung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 23) .....	547
Tabelle 191: Naturfernepotenzial NFP: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 25) .....	549
Tabelle 192: Aquatische Eutrophierung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 25) .....	551
Tabelle 193: Versauerung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 25) .....	553
Tabelle 194: KEA gesamt Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 02) .....	555
Tabelle 195: KEA gesamt Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 05) .....	555
Tabelle 196: KEA gesamt Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 13) .....	556
Tabelle 197: KEA gesamt Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 23) .....	556
Tabelle 198: KEA gesamt Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 25) .....	556
Tabelle 199: Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung und Littering in g pro funktioneller Einheit (LFD 02) .....	558
Tabelle 200: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung in g pro funktioneller Einheit (LFD02) .....	560
Tabelle 201: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb in g pro funktioneller Einheit (LFD02) .....	561

Tabelle 202: Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung und Littering in g pro funktioneller Einheit (LFD05) .....	564
Tabelle 203: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und - verarbeitung in g pro funktioneller Einheit (LFD 05).....	566
Tabelle 204: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb in g pro funktioneller Einheit (LFD 05) .....	567
Tabelle 205: Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung und Littering in g pro funktioneller Einheit (LFD 13) .....	570
Tabelle 206: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und - verarbeitung in g pro funktioneller Einheit (LFD 13).....	572
Tabelle 207: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb in g pro funktioneller Einheit (LFD 13) .....	573
Tabelle 208: Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung und Littering in g pro funktioneller Einheit (LFD 23) .....	576
Tabelle 209: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und - verarbeitung in g pro funktioneller Einheit (LFD 23).....	577
Tabelle 210: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb in g pro funktioneller Einheit (LFD 23) .....	579
Tabelle 211: Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung und Littering in g pro funktioneller Einheit (LFD 25) .....	582
Tabelle 212: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und - verarbeitung in g pro funktioneller Einheit (LFD 25).....	583
Tabelle 213: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb in g pro funktioneller Einheit (LFD 25) .....	585
Tabelle 214: Lärmbelastungspotenzialfläche: Relative Darstellung (LFD 02) .....	590
Tabelle 215: Lärmbelastungspotenzialfläche: Relative Darstellung (LFD 05) .....	590
Tabelle 216: Lärmbelastungspotenzialfläche: Relative Darstellung (LFD 13) .....	591
Tabelle 217: Lärmbelastungspotenzialfläche: Relative Darstellung (LFD 23) .....	591
Tabelle 218: Lärmbelastungspotenzialfläche: Relative Darstellung (LFD 25) .....	592
Tabelle 219: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 11) - Variation der Umlaufhäufigkeit im Vergleich zum jeweiligen Basisszenario .....	592
Tabelle 220: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 12) - Variation der Umlaufhäufigkeit im Vergleich zum jeweiligen Basisszenario .....	594
Tabelle 221: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 11) - Variation der Distributionsdistanz im Vergleich zum jeweiligen Basisszenario .....	595
Tabelle 222: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 12) - Variation der Distributionsdistanz im Vergleich zum jeweiligen Basisszenario .....	596
Tabelle 223: Klimawandel (GWP fossil) inklusive Füllgut: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 02) .....	597

Tabelle 224: Klimawandel inklusive Füllgut: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 05) .....	598
Tabelle 225: Klimawandel inklusive Füllgut: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 13) .....	598
Tabelle 226: Klimawandel inklusive Füllgut: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 23) .....	599
Tabelle 227: Klimawandel inklusive Füllgut: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 25) .....	599
Tabelle 228: verbal argumentative Bedeutung der grafischen Auswertung .....	609
Tabelle 229: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 01.....	659
Tabelle 230: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 01...	660
Tabelle 231: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 02.....	662
Tabelle 232: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 02...	663
Tabelle 233: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 03.....	664
Tabelle 234: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 03...	665
Tabelle 235: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 04.....	666
Tabelle 236: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 04...	667
Tabelle 237: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 05.....	668
Tabelle 238: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 05...	669
Tabelle 239: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 06.....	671
Tabelle 240: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 06...	672
Tabelle 241: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 07.....	674
Tabelle 242: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 07...	675
Tabelle 243: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 08.....	677
Tabelle 244: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 08...	678
Tabelle 245: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 09.....	680
Tabelle 246: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 09...	681
Tabelle 247: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 10.....	683
Tabelle 248: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 10...	684
Tabelle 249: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 11.....	686
Tabelle 250: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 11...	687
Tabelle 251: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 12.....	689
Tabelle 252: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 12...	690
Tabelle 253: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 13.....	692
Tabelle 254: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 13...	693
Tabelle 255: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 14.....	695
Tabelle 256: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 14...	696
Tabelle 257: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 15) .....	698
Tabelle 258: Klimawandel: Sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse (LFD 15)	699
Tabelle 259: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 16.....	701
Tabelle 260: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 16...	702
Tabelle 261: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 17.....	704
Tabelle 262: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 17...	705
Tabelle 263: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 18.....	707

Tabelle 264: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 18...	708
Tabelle 265: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 19.....	710
Tabelle 266: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 19...	711
Tabelle 267: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 20.....	713
Tabelle 268: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 20...	714
Tabelle 269: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 21.....	716
Tabelle 270: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 21...	717
Tabelle 271: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 22.....	719
Tabelle 272: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 22...	720
Tabelle 273: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 23.....	722
Tabelle 274: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 23...	723
Tabelle 275: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 24.....	725
Tabelle 276: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 24...	726
Tabelle 277: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 25.....	728
Tabelle 278: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 25...	729
Tabelle 279: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 26.....	731
Tabelle 280: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 26...	732
Tabelle 281: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 27.....	734
Tabelle 282: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 27...	735
Tabelle 283: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 28.....	737
Tabelle 284: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 28...	738

## Abkürzungsverzeichnis

<b>16. BimSchV</b>	16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
<b>AF</b>	Allokationsfaktor
<b>AP</b>	Arbeitspaket
<b>APV</b>	LAGA-Ausschuss für Produktverantwortung; FV
<b>AVAS</b>	Acoustic Vehicle Alerting System
<b>AWARE</b>	Available Water Remaining
<b>BGBI</b>	Bundesgesetzblatt
<b>BMDV</b>	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
<b>BMEL</b>	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
<b>BMU</b>	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
<b>BMUB</b>	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
<b>BMUV</b>	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
<b>BV Glas</b>	Bundesverband Glasindustrie e.V., Düsseldorf
<b>C+C</b>	Cash and Carry
<b>CFF</b>	Circular Footprint Formula
<b>DBB</b>	Deutscher Brauer Bund e.V.
<b>Destatis</b>	Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
<b>DiätV</b>	Diätverordnung
<b>DLMB</b>	Deutsches Lebensmittelbuch
<b>EAFA</b>	European Aluminium Foil Association
<b>ECHA</b>	Europäische Chemikalienagentur
<b>EDW</b>	Einwohnerdurchschnittswerten
<b>EW</b>	Einweg
<b>EWKR</b>	EU-Richtlinie über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt
<b>FE</b>	Funktionelle Einheit
<b>FEFCO</b>	The European Federation of Corrugated Board Manufacturers
<b>FKN</b>	Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V.
<b>FrSaftErfrischGetrV</b>	Verordnung über Fruchtsaft, einige ähnliche Erzeugnisse, Fruchtnektar und koffeinhaltige Erfrischungsgetränke (Fruchtsaft- und Erfrischungsgetränkeverordnung)
<b>GDB</b>	Genossenschaft Deutscher Brunnen e.G., Bonn
<b>GeMeMa</b>	Gesellschaft für Mehrweg-Management mbH & Co.KG
<b>GFGH</b>	Getränkefachgroßhandel
<b>GfK</b>	GfK SE, Nürnberg
<b>ggü.</b>	gegenüber
<b>GKV</b>	Getränkekartonverpackung, Flüssigkeitskarton
<b>GVK</b>	Getränkeverbundkarton
<b>GVM</b>	GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH, Mainz

<b>16. BimSchV</b>	16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
<b>GWP</b>	Global Warming Potential
<b>IEA</b>	Internationale Energieagentur
<b>ifeu</b>	ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
<b>IK</b>	Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V.
<b>IPCC</b>	Intergovernmental Panel on Climate Change
<b>JRC</b>	Joint Research Centre
<b>KEA</b>	Kumulierter Energieaufwand
<b>KRA</b>	Kumulierten Rohstoffaufwand
<b>KrWG</b>	Kreislaufwirtschaftsgesetz
<b>LAGA</b>	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall
<b>LEH</b>	Lebensmitteleinzelhandel
<b>LMIV</b>	Lebensmittel-Informationsverordnung
<b>LPB</b>	Liquid packaging board
<b>MövE</b>	Mehrweg- und ökologisch vorteilhafte Einweggetränke
<b>MPB</b>	Mehrwegpool der Brauwirtschaft eG
<b>MW</b>	Mehrweg
<b>öEQ</b>	Ökobilanzielle Erfassungsquote
<b>öSQ</b>	Ökobilanzielle Sortierquote
<b>övE</b>	ökologisch vorteilhafte Einweggetränke
<b>PEF</b>	Product Environmental Footprint
<b>PEFCR</b>	Product Environmental Footprint Category Rule
<b>PLP</b>	Plastic Leak Project
<b>POS</b>	Point of Sale, Verkaufsstelle
<b>PPe</b>	Plastic Pollution Equivalent
<b>PV</b>	Photovoltaik
<b>rPET</b>	PET-Rezyklat
<b>UBA</b>	Umweltbundesamt, Dessau
<b>ULZ</b>	Umlaufzahl
<b>v. H.</b>	Von Hundert
<b>VdF</b>	Verband der deutschen Fruchtsaft-Industrie e.V., Bonn
<b>VDM</b>	Verband Deutscher Mineralbrunnen e.V., Bonn
<b>VerpackG</b>	Verpackungsgesetz
<b>VerpackV</b>	Verpackungsverordnung
<b>VLB</b>	Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) e.V.
<b>wafg</b>	Wirtschaftsvereinigung Alkoholfreie Getränke e.V., Berlin
<b>WEA</b>	Windenergieanlage

## Zusammenfassung

In der vorliegenden ökobilanziellen Studie wurde untersucht, wie sich Getränkeverpackungssysteme für die Getränkesegmente Bier, Erfrischungsgetränke, Wasser sowie Säfte und Nektare ökobilanziell in Zukunft entwickeln könnten – unter absehbaren Veränderungen der Rahmenbedingungen sowie bei Ausschöpfen möglicher antizipierter Optimierungspotenziale der Verpackungssysteme.

Auftraggeber der Studie ist das Umweltbundesamt.

Das Projektkonsortium, das die Studie durchgeführt hat, beinhaltet die folgenden Organisationen:

- ▶ Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH
- ▶ GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH
- ▶ ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
- ▶ Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH

### Hintergrund der Studie

Die ehemaligen Koalitionsparteien der 19. Legislaturperiode (Union und SPD) waren ursprünglich mit der Idee an das UBA/BMUV herangetreten, eine aktuelle und vergleichende Ökobilanz für Getränkeverpackungen zu erstellen. In Abstimmung zwischen den Koalitionsparteien und UBA/BMUV wurde daraufhin gemeinsam das Ziel formuliert, zu ermitteln, wie sich Getränkeverpackungssysteme für die Getränkesegmente Bier, Erfrischungsgetränke und Wasser ökobilanziell prospektiv entwickeln können – unter sich ändernden Rahmenbedingungen sowie in Abhängigkeit vom Heben antizipierter Optimierungspotenziale. Im Projektverlauf wurde auf Bitte der Vertreter\*innen des speziell für die Studie eingerichteten Begleitkreises das Getränksegment Säfte und Nektare in die Betrachtung mit aufgenommen.

Durch die prospektive Betrachtung sollte sichergestellt werden, dass die Ergebnisse zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nicht schon überholt sind und Entwicklungen angestoßen werden können, die auch in einigen Jahren (unter veränderten Rahmenbedingungen) noch in die gewünschte Richtung gehen. Dies beinhaltet die Berücksichtigung von Veränderungen sowohl der Verpackungssysteme (bspw. in Bezug auf Materialeinsatz, Verwertungssituation und Umlaufzahlen) als auch der Rahmenbedingungen (bspw. der Energieversorgung).

Der zeitliche Fokus der Optimierungspotenziale wurde seitens der Auftraggebenden auf die sicher bis 2030 absehbaren Entwicklungen festgelegt. Die Optimierungspotenziale sollten laut Leistungsbeschreibung für die Rahmenbedingungen 2030 und 2050 (dekarbonisierte und weitgehend defossilierte Wirtschaft) berechnet werden. Da sich die Bundesregierung im Projektverlauf ambitioniertere zeitliche Ziele gesetzt hatte, wurde das ursprünglich als 2050 bezeichnete Szenario fortan als 2045 bezeichnet.

### Zielstellung der Studie

Konkret adressiert die Studie folgende Frage:

- ▶ Wie können sich die Umweltwirkungen verschiedener Getränkeverpackungssysteme zukünftig darstellen

- unter Veränderungen der Rahmenbedingungen (Externe Potenziale: Welche Optimierungen ergeben sich durch das Umfeld? (Änderung im Mix an Energieträgern, Umstellung im Feedstock)) und
- bei Ausschöpfen möglicher Optimierungspotenziale der Verpackungssysteme (Interne Potenziale: Wohin entwickeln sich die verpackungssystemspezifischen Parameter? (Gewichte, Umlaufzahlen, Materialzusammensetzung, Entsorgungswege, Distribution, Prozessdaten))?

Ein Vergleich verschiedener Getränkeverpackungssysteme ist hingegen nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

#### **Anmerkung zum Vergleich verschiedener Getränkeverpackungssysteme**

Das Ziel der Studie ist die Betrachtung und Bewertung von Optimierungspotenzialen innerhalb einzelner Getränkeverpackungssysteme. Ein Vergleich der Systeme miteinander entspricht nicht dem in der Ziel- und Rahmendefinition dargelegtem Ziel der Studie.

Entsprechend der definierten Ziele ist auch die in der Studie verfolgte methodische Vorgehensweise auf eine Betrachtung der verschiedenen Optimierungspotenziale eines Systems ausgelegt und nicht auf eine Vergleichbarkeit der absoluten Ergebnisse der Systeme untereinander.

Im Abschlussbericht wurden daher nur relative Ergebnisse dargestellt. Diese basieren auf der Umrechnung von absoluten Werten. Um jedoch die Grundlage und Bedeutsamkeit für die relativen Werte transparent darzustellen, wurden die absoluten Werte in den Anhang aufgenommen.

Die Aufnahme der absoluten Werte ermöglicht jedoch den nicht intendierten Vergleich unterschiedlicher Getränkeverpackungssysteme. Aus Sicht der Autoren\*Autorinnen und den auftraggebenden Organisationen sowie den Mitgliedern des Begleitkreises zur kritischen Begutachtung der Studie stehen insbesondere die folgenden Aspekte einer Vergleichbarkeit der Ergebnisse der untersuchten Getränkeverpackungssysteme entgegen:

- ▶ Nutzung unterschiedlicher Datengrundlagen bei der Abbildung der Systeme sowie Unterschiede im Vorgehen zur Datenerhebung, z. B. unterschiedliche Studien, unterschiedliche sonstige Datenquellen, und teilweise unterschiedliche Aktualität/Bezugsjahre.
- ▶ Das Vorgehen zur Ermittlung der Optimierungspotenziale (Befragung im Begleitkreis) stützt sich primär auf die Einschätzungen der jeweils betroffenen Akteure; die nicht zu erreichende Vergleichbarkeit der Annahmen lässt entsprechend keinen unmittelbaren Vergleich zwischen den Verpackungssystemen in den prospektiven Szenarien zu.
- ▶ Fehlende Umsetzung einer Auswertestrategie unter Berücksichtigung der ökologischen Priorität und wissenschaftlichen Validität der ausgewerteten Umweltwirkungskategorien, wie sie für vergleichende Ökobilanzen nach Maßgabe der UBA-Mindestanforderungen verbindlich ist.

All diese Punkte schmälern in keiner Weise die Anwendbarkeit der Ergebnisse für den intendierten Studienzweck, schließen aber einen belastbaren Vergleich zwischen den untersuchten Getränkeverpackungssystemen aus.

Zudem verlangen die einschlägigen ISO-Normen 14040/14044 für vergleichende Ökobilanzen eine kritische Begutachtung. Zwar wurde diese Ökobilanz kritisch begutachtet, allerdings in Hinblick auf das oben genannte Ziel der Analyse der Optimierungspotenziale innerhalb der Verpackungssysteme und nicht hinsichtlich der Eignung zum Vergleich der Systeme untereinander. Somit sind die im Anhang dokumentierten Ergebnisse, den Normen folgend, nicht als Grundlage für die Kommunikation vergleichender Aussagen geeignet.

## Projektstruktur

Das Vorgehen im Forschungsvorhaben war in fünf inhaltliche Arbeitspakete (APs) gegliedert.

In AP 1 (Leitung: ifeu Institut) wurden Hintergrunddaten auf Grundlage der Green-Szenarien aus dem UBA-Vorhaben „RESCUE“ für die weitere Verwendung im Projekt aufbereitet und abgestimmt. Die Aufgabe der Auftragnehmenden bestand darin, die Auswahl vorzubereiten, das UBA bei der Auswahl zu beraten, die Ergebnisse dem Begleitkreis vorzustellen und die erforderlichen Daten für die Ökobilanz im AP 4 aufzubereiten.

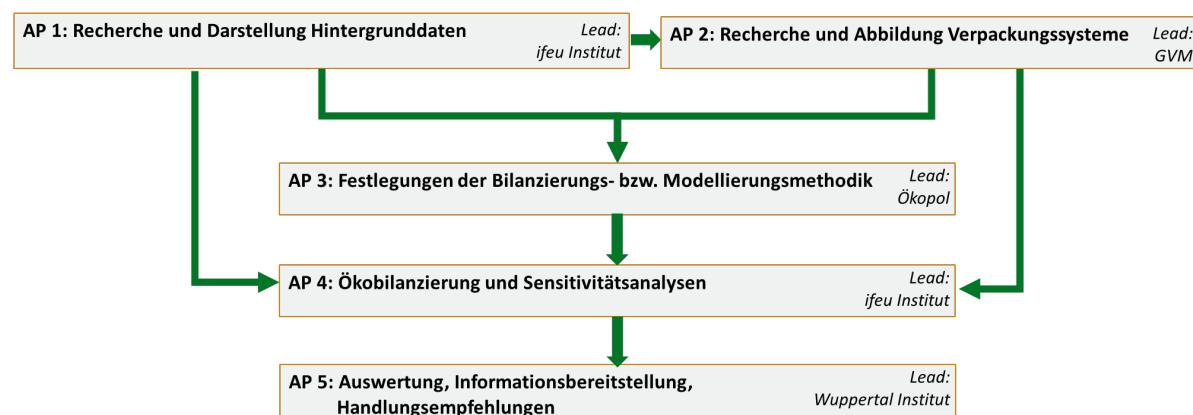
In AP 2 (Leitung: GVM) wurden die Verpackungssysteme innerhalb der betrachteten Getränkesegmente zur ökobilanziellen Bewertung ausgewählt, diese hinsichtlich der aktuellen Gegebenheiten und der Optimierungspotenziale für 2030 und 2045 untersucht und die Basisdaten und Optimierungsszenarien der Verpackungssysteme für die Sachbilanzierung aufbereitet und abgestimmt.

In AP 3 (Leitung: Ökopol) wurde basierend auf der Studie „Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen“ (Detzel et al. 2016) eine für die Ziele des Vorhabens zweckdienliche Bilanzierungs- bzw. Modellierungsmethodik entwickelt

In AP 4 (Leitung: ifeu Institut) erfolgte die Durchführung der Ökobilanzierung entsprechend dem zuvor festgelegten und abgestimmten Untersuchungsdesign. Die Ökobilanzierung wurde vom ifeu durchgeführt.

In AP 5 (Leitung: Wuppertal Institut) erfolgte die übergreifende Auswertung der Ergebnisse der APs 1-4, mit dem Ziel, ein möglichst umfassendes Bild zu erzeugen, das über die in der Ökobilanz quantitativ berücksichtigten Wirkungskategorien hinaus geht.

**Abbildung 1: Schematische Darstellung des Projektablaufs**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol)

## Methodische Grundlagen

Methodisch beruhen die durchgeführten Betrachtungen auf den Vorgaben der einschlägigen ISO-Normen 14040 und 14044 sowie den im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelten Mindestanforderungen an die Ökobilanzierung von Getränkeverpackungen („Prüfung und

Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen“ (Detzel et al. 2016), im folgenden „Mindestanforderungen“).

Die Mindestanforderungen wurden im Unterschied zu der hier durchgeführten Studie für retrospektive und vergleichende Ökobilanzen entwickelt. Vor diesem Hintergrund war es auch Teil des Forschungsvorhabens, die Anwendbarkeit der Mindestanforderung für die Fragestellung der Studie (prospektive Betrachtung der Potenziale einzelner Verpackungssysteme anstelle eines retrospektiven Vergleichs verschiedener Verpackungssysteme) zu prüfen. Im Ergebnis dieser Prüfung wurde in begründeten Einzelfällen von den Vorgaben der Mindestanforderungen abgewichen, wie z. B. in Bezug auf die Auswertstrategie und die in den Mindestanforderungen vorgegebene Liste der zu betrachtenden Wirkungskategorien.

Ferner wurden neben den ökobilanziellen Ergebnissen verschiedene Einzelaspekte betrachtet, die in den Mindestanforderungen nicht berücksichtigt werden und die vor dem Hintergrund einer zukunftsgewandten Betrachtung in den Szenarien 2030 und 2045 an Bedeutung gewinnen könnten. In diesem Zusammenhang wurden methodische Ansätze für die Berücksichtigung von Kunststoff- und Geräuschemissionen recherchiert und z. T. entwickelt.

Für die Berücksichtigung von Kunststoffemissionen wurde das Modell zur Berechnung von Mikro- und Makroplastikemissionen des Plastic Leak Project (Peano et al. 2020) verwendet. Zur Abbildung des Umweltproblemfeldes „Lärm“ wurden die potenziellen aus Transportprozessen und der Energiebereitstellung resultierenden Geräuschemissionen näherungsweise berechnet und als Lärmbelastungspotenzialflächen basierend auf dem von Kauertz et al. (2020b) entwickelten Indikator ausgewiesen.

Die Berechnungen zu den beiden Kategorien Lärmemissionen und Kunststoffeintrag in die Umwelt sind ergänzende Berechnungen zur Wirkungsabschätzung. Die Verfahren, mit denen diese Kategorien bestimmt wurden, sind lediglich erste Bemühungen diese Aspekte in Ökobilanzierungen von Getränkeverpackungen zu integrieren, was bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen ist.

### **Begleitkreis und kritische Prüfung**

Im Rahmen des Projektes wurde ein Begleitkreis bestehend aus Vertreter\*innen der Hersteller/Abfüller, des Handels, der Recycling- und Entsorgungswirtschaft sowie von Umwelt- und Verbraucher-Verbänden eingerichtet. Der Begleitkreis übernahm drei zentrale Rollen im Projekt:

- ▶ Sicherstellen, dass die Datengrundlage vollständig, aktuell und aussagekräftig ist
- ▶ Aktuelle Erkenntnisse bezüglich Verpackungssystemen in das Projekt einbringen
- ▶ Die kritische Begutachtung der Ökobilanz nach ISO 14040 und 14044 durchführen

Im Begleitkreis waren rund 30 Vertreter\*innen der verschiedenen Stakeholdergruppen (Umwelt- und Verbraucher-) Verbände, Handel, Hersteller/Abfüller, Recycling- und Entsorgungswirtschaft, Industrieverbände und Wissenschaft beteiligt.

Dem Begleitkreis saß Prof. Dr. Mario Schmidt vor, Leiter des Instituts für Industrial Ecology (INEC) an der Fakultät für Wirtschaft und Recht der Hochschule Pforzheim. Herr Prof. Schmidt moderierte die Begleitkreistreffen und verantwortete die kritische Begutachtung nach ISO 14040 und 14044.

Für den Begleitkreis waren ursprünglich sechs Treffen vorgesehen. Neben einem Kick-Off und einer Abschlussveranstaltung beinhaltete dies vier inhaltlich an den Arbeitspaketen des

Projektes ausgerichtete Veranstaltungen. Die Treffen wurden online durchgeführt und vom Auftragnehmer vor- und nachbereitet. Neben den offiziellen Begleitkreistreffen wurden zwei zusätzliche Treffen abgehalten, um dem zusätzlichen Diskussionsbedarf hinsichtlich spezieller methodischer Aspekte und Annahmen gerecht zu werden sowie um die Datengrundlage des nachträglich in die Studie aufgenommenen Getränkesegments Säfte und Nektare zu diskutieren.

Im Rahmen der Begleitkreistreffen hatten die Teilnehmenden die Möglichkeit, die Zwischenergebnisse (z. B. hinsichtlich methodischer Aspekte und der Datengrundlage) zu kommentieren. Ergänzend wurde den Teilnehmenden die Möglichkeit eingeräumt, schriftliche Stellungnahmen einzureichen.

Der finale Abschlussbericht wurde unter Berücksichtigung der Diskussionen im Begleitkreis sowie der Stellungnahmen von Prof. Mario Schmidt einer kritischen Prüfung entsprechend den Vorgaben der ISO-Normen unterzogen. Im entsprechenden Prüfbericht wird die ISO-Konformität der Studie bescheinigt.

### **Erhebung der Hintergrunddaten für die Modellierung**

Im ersten Arbeitspaket galt es, Hintergrunddaten für die weitere Verwendung im Projekt abzustimmen und aufzubereiten. Die Aufgabe der Auftragnehmenden Organisationen bestand darin, die Auswahl vorzubereiten, das Umweltbundesamt bei der Auswahl zu beraten, die Auswahl dem Begleitkreis vorzustellen und die erforderlichen Daten für die Ökobilanz aufzubereiten.

Durch die auftraggebenden Organisationen war vorgegeben, für die zukunftsgewandten Szenarien auf eines der sechs Green-Szenarien aus dem Projekt „Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE“ (siehe Purr et al. 2019) zurückzugreifen. Die RESCUE-Studie zeigt Lösungsansätze und Handlungsoptionen auf, mit denen eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität in Deutschland bis zum Jahr 2050 erreicht werden kann. Die sechs untersuchten Szenarien setzen dabei unterschiedliche Schwerpunkte und definieren auch unterschiedliche Ziele. Nur das sehr ambitionierte Szenario „GreenSupreme“ kann dabei einen relevanten Beitrag zur Erreichung des 1,5°-Ziels des Pariser Klimaabkommens leisten. Da dieses Ziel Grundlage der aktuellen deutschen Klimapolitik ist und zudem die Zielerreichung auf das Jahr 2045 vorgezogen wurde, konnte nur das GreenSupreme Szenario als Grundlage für die prospektive Ökobilanz herangezogen werden. Vor diesem Hintergrund wurde auf einem projektinternen Treffen am 8. September 2021 durch die auftraggebenden Organisationen beschlossen, dass das RESCUE-Szenario GreenSupreme als Hintergrundsystem in diesem Projekt zu verwenden ist. Dabei wurde das Zieljahr 2050 auf 2045 „verschoben“, da dies dem aktuellen bundespolitischen Ziel entspricht.

Das GreenSupreme Szenario bildet somit die Grundlage für die Ableitung der Datensätze zur Beschreibung der

- ▶ Energiebereitstellung,
- ▶ des Materialaufkommens und
- ▶ der Transportsituation

in den Jahren 2030 und 2045. Diese Daten werden derzeit im UBA-Vorhaben „Betrachtung von Rohstoffaufwendungen und Umweltwirkungen für die Energiewende in einem ressourcenschonenden und treibhausgasneutralen Deutschland – REFINE“ in Ökobilanzdaten übersetzt. Diese Daten finden im Rahmen der hier durchgeföhrten Modellierung Anwendung.

Darüber hinaus werden Annahmen zur Energieeffizienz und zur Erzeugung von Prozesswärme aus dem GreenSupreme Szenario übernommen und im Rahmen der Modellierung verwendet.

Allgemeine volkswirtschaftliche Aussagen zur Wachstumsbefreiung sowie zur Veränderung der Kreislaufwirtschaft sind für das hier vorgestellte Projekt nicht relevant, da im Rahmen der Erstellung eigene, verpackungssystemspezifische Daten generiert wurden. Dies entspricht der typischen Vorgehensweise einer Verpackungsökobilanz, bei der die bundesdeutschen Durchschnittsdaten zur Entsorgungssituation immer nur eine Fall-Back-Option darstellen, die in der Regel mit systemspezifisch erhobenen oder abgeleiteten Daten überschrieben werden.

### **Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme**

Die Auswahl, der in der Studie zu betrachtenden Getränkeverpackungssysteme ist entsprechend den Vorgaben der Mindestanforderungen erfolgt. Unter Berücksichtigung der in den Mindestanforderungen definierten Schwellenwerte sind zunächst 33 Verpackungssysteme ausgewählt worden. Anschließend ist in Abstimmung mit den Auftraggebenden Organisationen eine weitere Aggregation der 33 Verpackungssysteme zu 24 Verpackungssystemen vorgenommen worden. Mehrwegflaschen wurden nach Pool- und Individualflaschen aggregiert und die vier alkoholfreien Getränkesegmenten wurden zu zwei sortenübergreifenden Getränkeselementen zusammengefasst.

Durch die nachträgliche Erweiterung der Studie um das Getränkeselement der Säfte und Nektare ergab sich eine weitere Ergänzung um vier Getränkeverpackungssysteme. Im Ergebnis sind so 28 verschiedene Getränkeverpackungen untersucht worden.

**Tabelle 1: Betrachtete Getränkeverpackungssysteme**

Getränkeselement	Verpackungssystem
<b>Bier</b>	0,5 l PET Einwegflasche
	0,5 L Getränkendose aus Aluminium
	0,5 L Glas Mehrwegflasche
	0,33 L Glas Mehrwegflasche
<b>Karbonisierte Wässer und Erfrischungsgetränke</b>	1,5 L PET Einwegflasche
	1,25 L PET Einwegflasche
	1,0 L PET Einwegflasche
	0,5 L PET Einwegflasche
	0,33 L Getränkendose aus Aluminium
	0,25 L Getränkendose aus Aluminium
	1 L PET Mehrwegflasche
	0,75 L Glas Mehrwegflasche
	0,7 L Glas Mehrwegpoolflasche
	0,5 L Glas Mehrwegindividualflasche
<b>Stille Wässer und Erfrischungsgetränke</b>	0,33 L Glasmehrwegindividualflasche
	1 L Getränkeverbundkarton
	1,5 L PET Einwegflasche mit Kasten
	1,5 L PET Einwegflasche

Getränksegment	Verpackungssystem
	1 L PET Einwegflasche mit Kasten
	1 L PET Einwegflasche
	0,75 L PET Einwegflasche
	0,5 L PET Einwegflasche
	1 L PET Mehrwegpoolflasche
	0,75 L Glasmehrwegflasche
<b>Säfte und Nektare</b>	1 L Getränkeverbundkartons
	1 L PET Einwegflasche
	1,5 L PET Einwegflasche
	1 L Glasmehrwegpoolflasche

Für die ausgewählten Verpackungssysteme wurden dann die für die ökobilanzielle Berechnung notwendigen Daten und Informationen für den Status-Quo erhoben:

- ▶ Masse der einzelnen Packmittelkomponenten
- ▶ Packstoffe bei einzelnen Nebenkomponenten des Hauptpackmittel
- ▶ Unterschiedliche Mengenzusammensetzung des Verpackungssystems
- ▶ Einsatz von Verschlüssen und Etiketten
- ▶ Anzahl Hauptpackmittel pro Sekundärpackmittel
- ▶ Anzahl Sekundär- und Tertiärpackmittel (pro Lage einer Palette)
- ▶ Anzahl Lagen pro Palette
- ▶ Rezyklateinsatz
- ▶ Rücklaufquoten Einweggetränkeverpackungen
- ▶ Rücklaufquoten Mehrweg-PET-Flaschen
- ▶ Verwertungswege
- ▶ Verwertungsquoten / Recyclingquoten
- ▶ Transportentfernungen
- ▶ Umlaufzahlen
- ▶ Abfüllmengen, Entwicklung der Abfüllmengen

Für die Verpackungsspezifikation wurden im Wesentlichen die folgenden Datenquellen verwendet:

- ▶ GVM-Datenbank „Marktmenge Verpackungen“
- ▶ Desk Research und Nachbearbeitung der Daten (insbesondere im Hinblick auf Sekundär- und Tertiärverpackungen)

- ▶ Datenabfrage im Begleitkreis
- ▶ Daten von Abfüllern
- ▶ Auswertung von Probekäufen und Verwiegungen

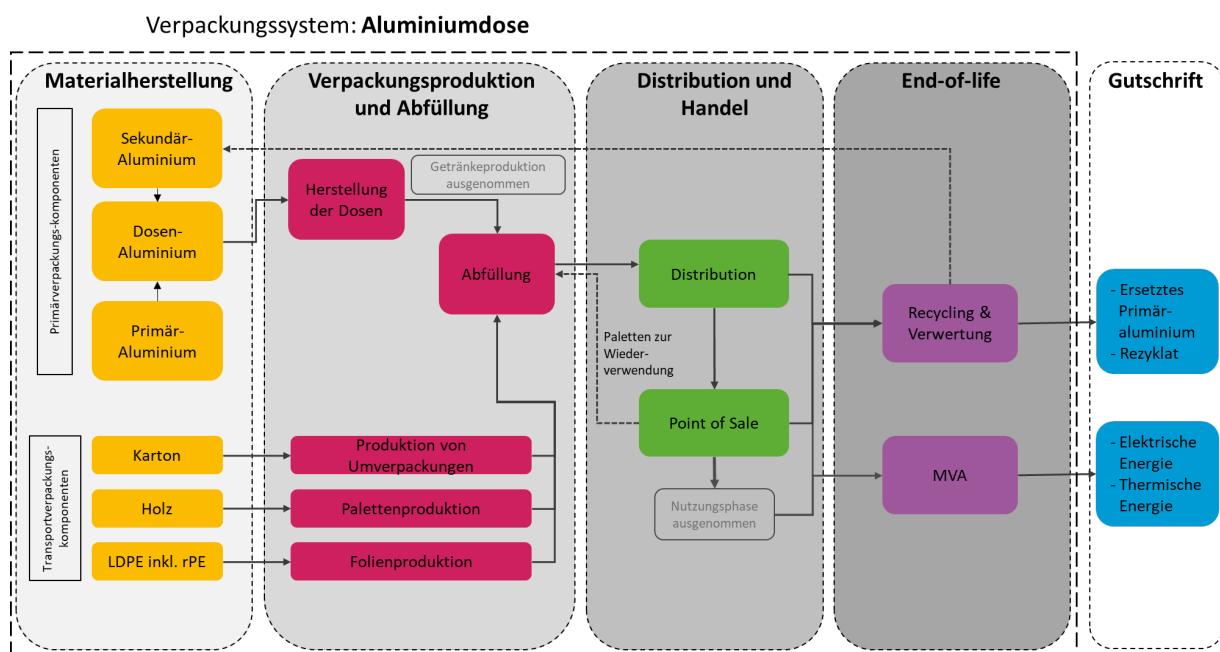
Im Ergebnis stehen die differenzierten Daten der ausgewählten Verpackungssysteme untergliedert nach den verschiedenen Verpackungsstufen für den Status-Quo.

Ausgehend vom Status-Quo wurden Optimierungspotenziale in Hinblick auf die Verpackungsparameter der Verschiedenen Getränkeverpackungssysteme (Materialeinsatz, Rezyklatgehalt, Umlaufzahlen bei Mehrwegverpackungen, etc.) in den Zukunftsszenarien (2030 und 2045) im Begleitkreis abgefragt. In diesem Zusammenhang sah die Leistungsbeschreibung vor, dass der Fokus auf sicher absehbaren Entwicklungen liegen sollte. Entsprechend wurde eine eher konservative Herangehensweise an die Optimierungspotenziale gewählt. Best-Practice-Beispiele, die von Marktakteuren oder im Begleitkreis hervorgebracht wurden, mussten etwa immer auf die Möglichkeit hin geprüft werden, ob diese sich erfolgreich am Markt etablieren können und sie einen tragfähigen Ansatz für alle Akteure darstellen.

### **Überführung der erhobenen Daten in ein Ökobilanzmodell und ökobilanzielle Berechnung**

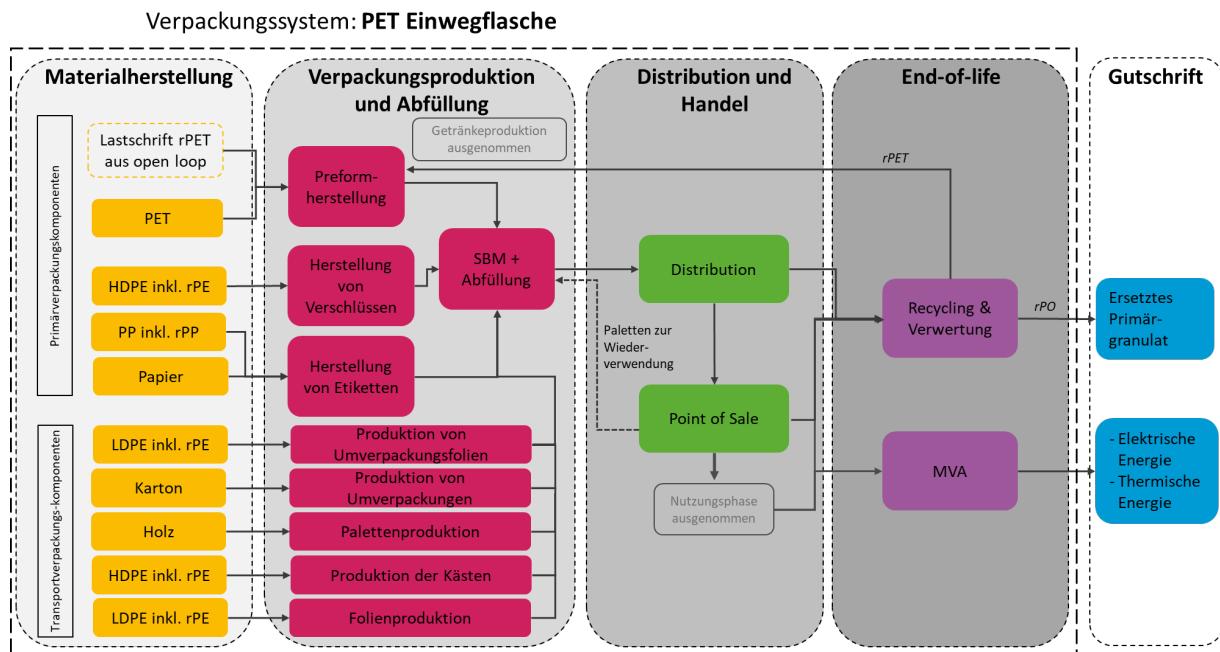
Die erhobenen Daten wurden in Modelle zur ökobilanziellen Abbildung der Verpackungssysteme überführt. Die folgenden Systemfließbilder veranschaulichen die Systemgrenzen der Modellierung für die untersuchten Getränkeverpackungssysteme unter Berücksichtigung aller Verpackungsstufen.

**Abbildung 2: Systemgrenzen für Aluminiumdosen in den betrachteten Getränkesegmenten**



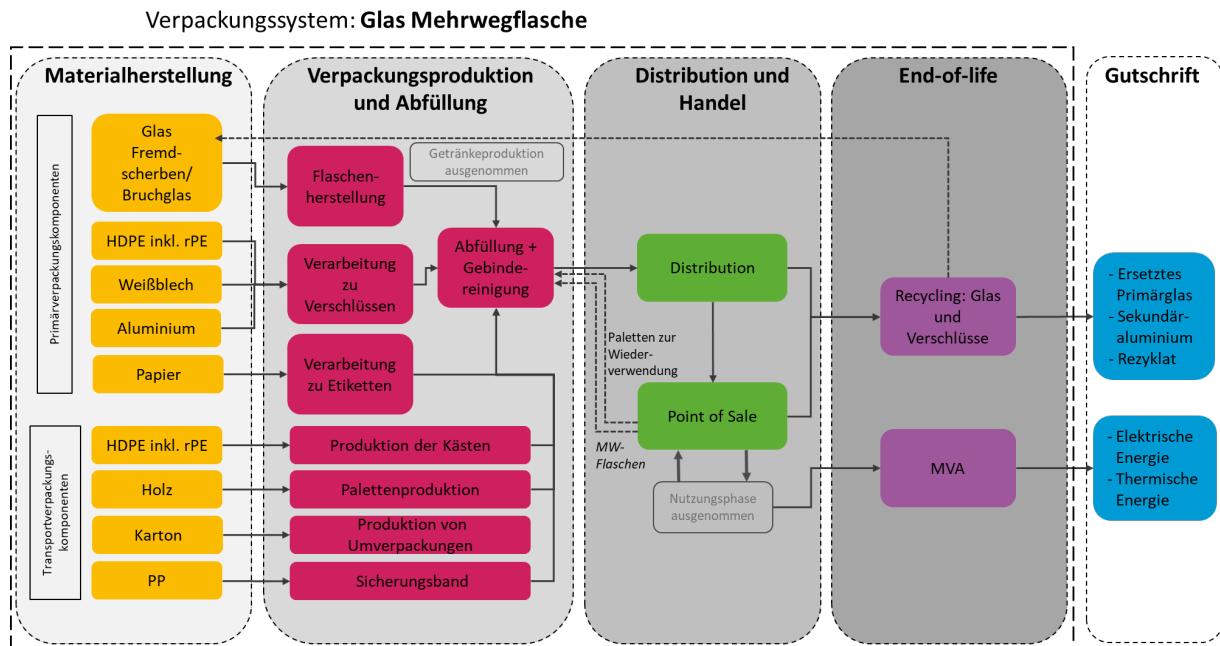
Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol, ifeu)

**Abbildung 3: Systemgrenzen für PET-Einwegflaschen in den betrachteten Getränkesegmenten**



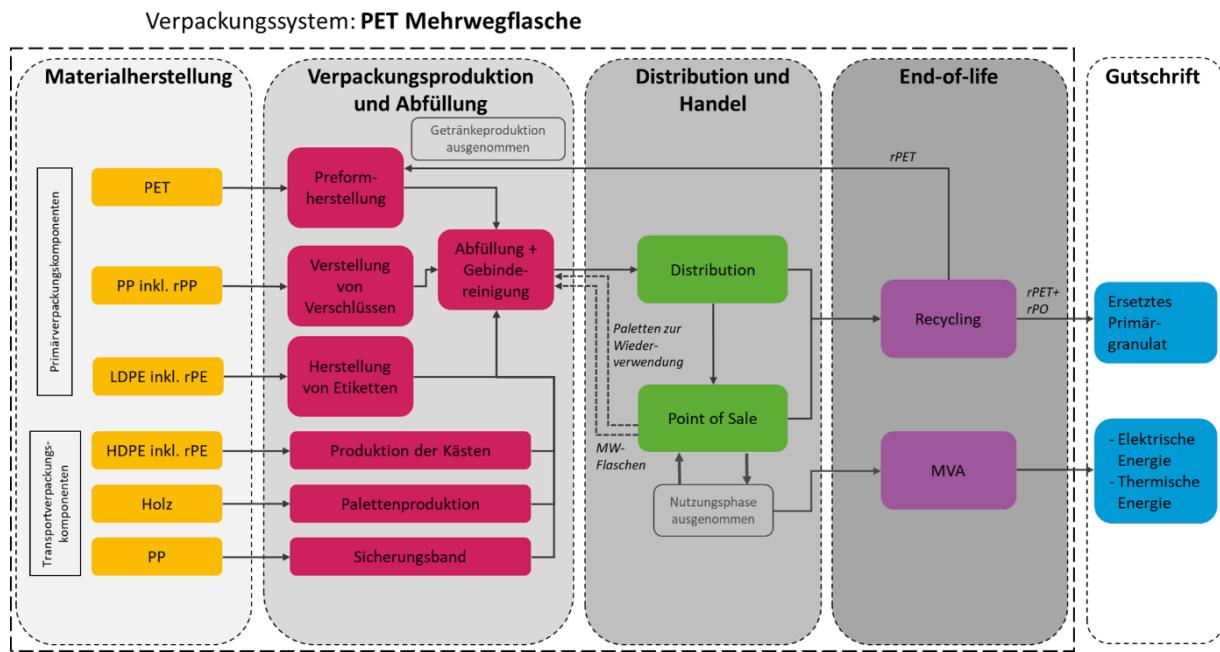
Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol, ifeu)

**Abbildung 4: Systemgrenzen für Glas-Mehrwegflaschen in den betrachteten Getränkesegmenten**



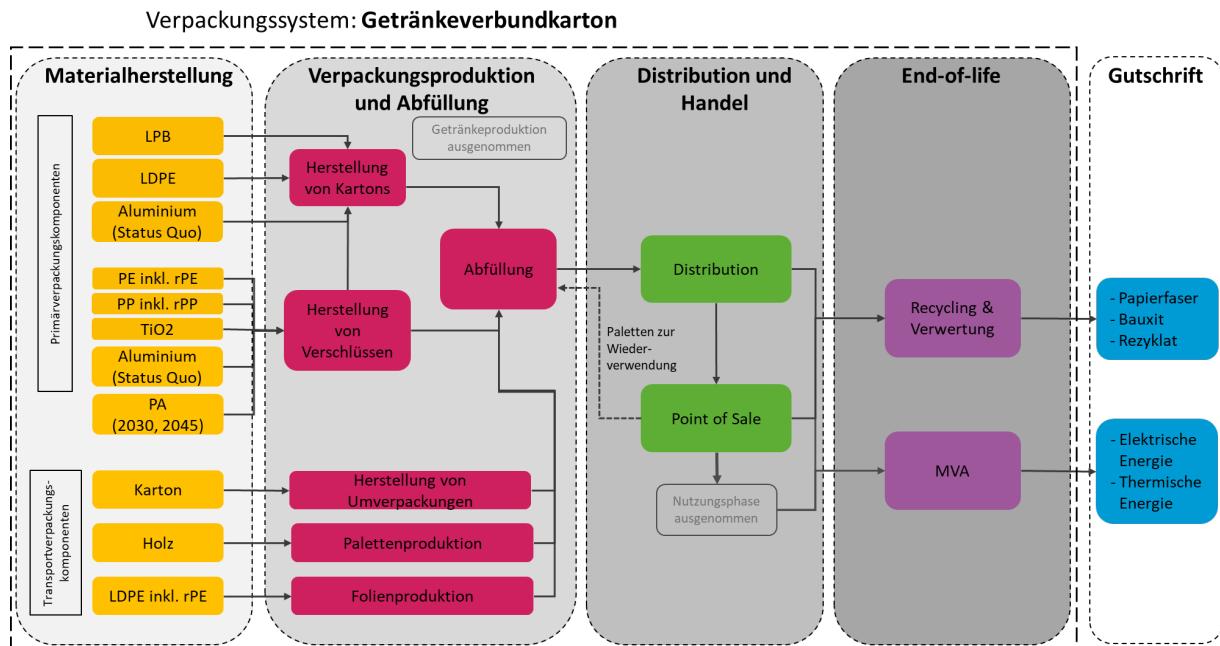
Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol, ifeu)

**Abbildung 5: Systemgrenzen für PET-Mehrwegflaschen in den betrachteten Getränkesegmenten**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol, ifeu)

**Abbildung 6: Systemgrenzen für Getränkeverbundkartons in den betrachteten Getränkesegmenten**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol, ifeu)

### Auswertung der Ergebnisse

Auf Basis der Sachbilanzierung wurden zur Untersuchung der Optimierungspotenziale für jedes der betrachteten 28 Verpackungssysteme fünf Basisszenarien bilanziert:

- ▶ Verpackungsspezifikationen Status quo und Hintergrunddaten Status quo
- ▶ Verpackungsspezifikationen Status quo und Hintergrunddaten 2030
- ▶ Verpackungsspezifikationen 2030 und Hintergrunddaten 2030

- ▶ Verpackungsspezifikationen 2030 und Hintergrunddaten 2045
- ▶ Verpackungsspezifikationen 2045 und Hintergrunddaten 2045

In Summe ergibt dies 140 Basisszenarien. Diese wurden ergänzt um verschiedene Varianten und Sensitivitätsanalysen. Nebst der näheren Untersuchung der Bedeutung der Umlaufhäufigkeiten und Transportdistanzen von Mehrwegsystemen in den prospektiven Szenarien sowie dem Einsatz von biobasiertem Material und Sekundärkunststoff auf Basis des chemischen Recyclings beim Getränkeverbundkarton, wurden die folgenden ergänzenden Betrachtungen gesondert ausgewiesen:

- ▶ Ergebnisse der Bilanzierung von Kunststoff in der Umwelt
- ▶ Ergebnisse der Bilanzierung möglicher Lärmemissionen
- ▶ Exkurs zur Bedeutung der Berücksichtigung des Füllgutes in der Bilanzierung

In der Auswertungsphase wurden die umfangreichen Ergebnisse der Wirkungsabschätzung einer Auswertestrategie folgend ausgewertet. Um die Einflüsse der verschiedenen Veränderungen differenziert beurteilen zu können, wurden nicht ausschließlich die sogenannten symmetrischen Szenarien, in denen sowohl die Rahmenbedingungen als auch die Produkteigenschaften und Produktionsprozesse dem Untersuchungsjahr 2030 bzw. 2045 entsprechen, bestimmt. Zusätzlich wurde ermittelt, welche Veränderungen im Umelprofil der Getränkeverpackungen bei gemischten Szenarien auftreten. Dies dient der Differenzierung, welche Optimierungspotenziale verstärkt durch die das Verpackungssystem direkt betreffenden Faktoren beziehungsweise durch die äußeren Rahmenbedingungen beeinflusst werden. Für die Entwicklung von Handlungsempfehlungen standen somit folgende Szenarien zur Verfügung:

- ▶ SQ-30: Verpackungsspezifikationen (intern) im Status quo unter den Rahmenbedingungen (extern) von 2030 (Bezugsszenario)
- ▶ 30-30: Verpackungsspezifikationen und Rahmenbedingungen für 2030
- ▶ 30-45: Verpackungsspezifikationen für 2030 unter den Rahmenbedingungen von 2045
- ▶ 45-45: Verpackungsspezifikationen und Rahmenbedingungen für 2045

Um die Optimierungspotenziale der verschiedenen Verpackungsgruppen und Umweltwirkungskategorien zu ermitteln, wurden die einzelnen Zeitschritte miteinander verglichen. Die Entwicklungen der verschiedenen Umweltauswirkungen für die Verpackungsgruppen wurden dann anhand einer siebenstufigen Skalierung und Farbgebung dargestellt. Zur Ergebnisverdichtung im Rahmen der Auswertung wurden zudem die Verpackungssysteme als materialbasierte Gruppen gesammelt ausgewertet, da innerhalb dieser getränkesegmentübergreifenden Verpackungsgruppen nur geringe Unterschiede bestehen:

- ▶ Aluminium-Getränkendosen
- ▶ PET-Einwegflaschen
- ▶ Glas-Mehrwegflaschen
- ▶ PET-Mehrwegflaschen
- ▶ Getränkeverbundkartons

Für die Ableitung der Handlungsempfehlungen wurden für jede Verpackungsgruppe die wesentlichen variierten Modellparameter benannt und erklärt, inwieweit signifikante Änderungen der Umweltwirkung daraus resultieren. Hierbei wurde auch berücksichtigt, welche Optimierungsmöglichkeiten innerhalb der verschiedenen Verpackungssysteme die jeweiligen Akteur\*innen haben und Handlungsempfehlungen für diese abgeleitet.

### **Ökobilanzielle Ergebnisse: Ergebnisplausibilisierung und übergreifende Trends**

Die Ergebnisse der ökobilanziellen Berechnungen zeigen:

- ▶ Die prinzipielle Richtung der Ergebnisse ist für alle untersuchten Verpackungssysteme ähnlich.
- ▶ Die Ergebnisse der einzelnen bilanzierten Verpackungssysteme innerhalb einer Verpackungsgruppe sind sehr ähnlich.

Als wesentliche Kenngröße für die Plausibilisierung der vorliegenden Ergebnisse und das Identifizieren von Trends in der prospektiven Entwicklung der untersuchten Verpackungssysteme dienen die Wirkungskategorien **Klimawandel fossil** und der **Kumulierte Energieaufwand fossil (KEA-fossil)**. Anhand dieser Kategorien kann geprüft werden, ob die Verpackungssysteme, die im GreenSupreme Szenario der RESCUE Studie definierten Anforderungen an Dekarbonisierung und Defossilisierung erfüllen. Die Ergebnisse der ökobilanziellen Berechnung zeigen:

- ▶ Bis 2045 erreichen alle in der vorliegenden Studie untersuchten Verpackungssysteme mindestens 90 % Minderung bei den THG-Emissionen.
- ▶ Bis 2045 erreichen alle in der vorliegenden Studie untersuchten Verpackungssysteme mindestens 97 % Minderung beim KEA-fossil.

Da somit alle Verpackungssysteme die Zielwerte der Dekarbonisierung und Defossilisierung erreichen, können die Ergebnisse und die der Bilanzierung zugrundeliegenden Datensätze als plausibel erachtet werden.

Die Auswertung der übrigen im Rahmen der Ökobilanz untersuchten Umweltwirkungskategorien zeigt, dass die starken Reduktionen der THG-Emissionen und der KEA-fossil keinen allgemeinen Trend für alle bilanzierbaren Umweltwirkungen darstellen.

Die Auswertung der emissions- und ressourcenbezogenen Wirkungskategorien zeigt, dass es neben positiven Effekten auf die Luftqualität auch zu mutmaßlichen Verlagerungseffekten durch die Dekarbonisierung und Defossilisierung in Richtung der Nutzung natürlicher Ressourcen wie mineralische Rohstoffe, Fläche, Biomasse und ggf. auch Wasser sowie Gewässergüte kommen kann. Allerdings muss an dieser Stelle auch darauf hingewiesen werden, dass die bilanzierten Ergebnisse mit hohen Unsicherheiten behaftet sind, da a) die Datengrundlagen nicht für alle Prozesse konsistent sind und b) die den Umweltwirkungen zugrundeliegenden Bewertungsmodelle noch erheblicher Weiterentwicklung bedürfen. Dies betrifft insbesondere die Gewichtungsfaktoren innerhalb der Wirkungskategorien Kumulierter Ressourcenaufwand (KRA) und Naturfernepotenzial (NFP), aber auch die bisher nicht in den Datengrundlagen und Modellen konsequent umgesetzte Möglichkeit, den Wasserverbrauch anhand der reinen Wasserentnahme zu bewerten.

### **Ökobilanzielle Ergebnisse: Interne und externe Optimierungspotenziale**

Bezüglich der untersuchten Optimierungen kann unterschieden werden zwischen:

- ▶ Dem internen Optimierungspotenzial: bezogen auf verpackungsspezifische Parameter (Gewichte, Umlaufzahlen, Materialzusammensetzung, Entsorgungswege, Distribution, Prozessdaten).
- ▶ Dem externen Optimierungspotenzial: ergibt sich aus Veränderungen der äußeren Rahmenbedingungen. Hierzu zählen u.a. die Veränderung des Energieträgermixes und die Veränderung der Rohstoffbasis.

Bezüglich des internen Optimierungspotenzial zeigt sich:

- ▶ Für alle untersuchten Verpackungssysteme aus Glas und PET sowie für den Getränkeverbundkarton zeigen die Ergebnisse je nach Wirkungskategorie eine Reduktion von ca. 20 % bis 30 %.
- ▶ Bei der Aluminiumdose ist das interne Optimierungspotenzial mit Reduktionen von 10 % bis 15 % etwas geringer.

Die Optimierungen haben eine unterschiedlich starke Wirkung auf die verschiedenen Lebenswegabschnitte der untersuchten Verpackungssysteme:

- ▶ Für Mehrweggebinde aus Glas und PET ist die Befüllung und Reinigung der Gebinde ein wichtiger Lebenswegabschnitt. Die Umstellung der Energieträger von Öl und Gas auf Strom bietet daher ein hohes Optimierungspotenzial für Mehrweggebinde.
- ▶ Die Ergebnisse der Einweggebinde werden im Wesentlichen durch das Primärverpackungsgewicht und den Sekundärmaterialanteil bestimmt. Gewichtsreduktion, Erhöhung des Sekundärmaterialanteils und ein optimiertes Verhältnis von Füllvolumen zu Packmittelmenge sind daher wichtige interne Stellschrauben. Für Getränkeverbundkartons ist zudem der Verzicht auf Aluminiumfolien im Verbund ein großes Optimierungspotenzial.

Bezüglich des externen Optimierungspotenzials zeigt sich:

- ▶ Für alle Verpackungssysteme eine deutlich höhere Reduktion durch externe Optimierungen als die Verbesserung zwischen den Szenarien SQ-30 und dem symmetrischen 30-30 Szenario (internes Optimierungspotenzial).
- ▶ Daraus lässt sich ableiten, dass in der prospektiven Entwicklung der Verpackungssysteme das Fortschreiten der Energiewende hin zur Umsetzung der Annahmen des Szenarios GreenSupreme die größte Stellschraube darstellt.

Die Modellierung der Zukunftsszenarien basiert vollständig auf der Datenbasis von Ecoinvent. Hinsichtlich der Modellierung sind bei der Bewertung der Optimierungen folgende Einschränkungen zu beachten:

- ▶ In der Ecoinvent-Datenbank sind derzeit keine Bestandsdaten für eine elektrisch beheizte Glasschmelzwanne verfügbar. Für die Zukunftsszenarien der Glas Mehrweggebinde wird daher keine Änderung der Befeuerungsart der Glaswanne abgebildet (außer dem Abtausch fossiler Energieträger durch erneuerbare Energieträger). Dies hat zur Folge, dass die Belastungen für Glas Mehrweggebinde im Jahr 2045 wahrscheinlich überschätzt werden.
- ▶ Ebenso liegt für die prospektiven Szenarien des Getränkeverbundkartons kein Datensatz für LPB aus Recyclingfasern vor

## Ökobilanzielle Ergebnisse: Verpackungsgruppenspezifische Ergebnisse und Empfehlungen für die Aluminiumgetränkendose

Die Aluminium-Getränkendosen zeigen für beide prospektiven Szenarien (2030 und 2045) in den meisten Wirkungskategorien sinkende Umweltauswirkungen.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse fällt auf, dass die **aquatische Eutrophierung** für 2045 sehr deutlich zunimmt. Der Sprung der Ergebnisse dieser Kategorie findet beim Übergang vom Szenario 30-30 in das Szenario 30-45 statt, die Ursache ist auf die Veränderungen der äußeren Rahmenbedingungen zurückzuführen. Die sektorale Auswertung dieser Kategorie zeigt, dass der Anstieg der Ergebnisse vollständig durch den Abschnitt „Um- und Transportverpackung“ verursacht wird, wobei es sich primär um die Auswirkungen von vermehrtem Einsatz von Recyclingfasern handelt, was zu höheren direkten Abwasseremissionen führt. In dieser Kategorie ist demnach ein gegenläufiger Trend zu den in den meisten Kategorien zu vermerkenden Verbesserungen durch die Energiewende erkennbar.

Der **Wasserverbrauch** steigt aus den gleichen Gründen; allerdings nicht so stark wie die aquatische Eutrophierung. Beim **Naturfernpotenzial** ist der zu beobachtende Trend zudem durch den Flächenbedarf von erneuerbarer Stromerzeugung verursacht. Da der Strombedarf beim Einsatz von Recyclingfasern höher ist als bei Primärfasern, spielt auch hier die Erhöhung des Recyclinganteils in der Um- und Transportverpackung eine Rolle.

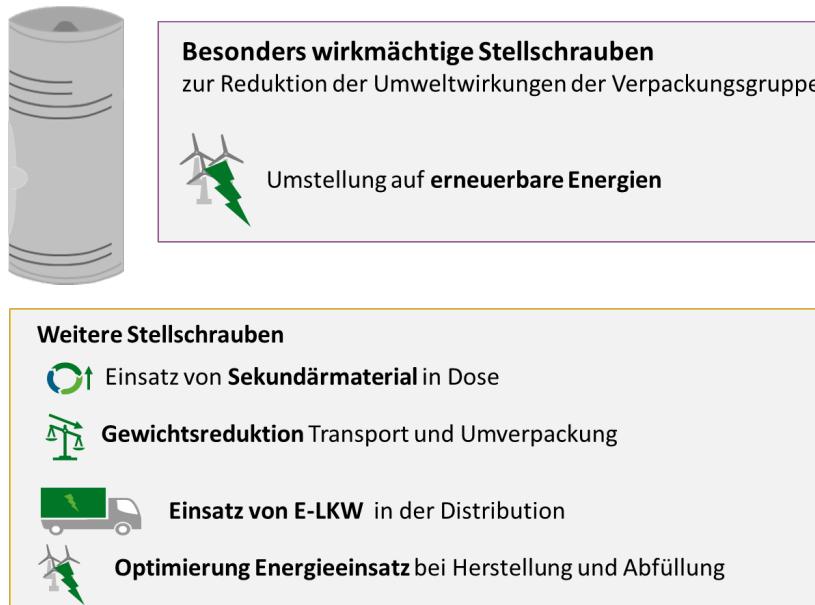
Der **priorisierte KRA** sinkt in dieser Verpackungsgruppe nur marginal. Die Ursache liegt darin, dass der Sekundäranteil im Aluminium im Basisszenario mit 79,3 % für Verschluss und Dosenkörper bereits verhältnismäßig hoch ist (weitere angenommene Erhöhung auf 94 % bzw. 96 %) und zudem eine Reduktion des Gesamtaluminiumeinsatzes bei der Getränkendose technisch kaum noch möglich ist. Die Dose würde bei weiterer Reduktion ihre Formstabilität verlieren.

Die Optimierungspotenziale durch Randbedingungen überwiegen bei der Getränkendose deutlich. Neben der Umstellung auf erneuerbare Energien, die bei der Aluminiumgetränkendose sehr wichtig erscheint, und der Steigerung der Energieeffizienz in Herstellung und Abfüllung, kann auch durch den Einsatz von elektrifizierten LKW in der Distribution perspektivisch eine Reduktion der Umweltwirkungen erfolgen.

Intern führt eine Erhöhung des Sekundäranteils im Aluminium bis auf 96 % im Szenario 2045 trotz bereits hohem Recyclingaluminiumeinsatzes noch zu erkennbaren Optimierungen. Ein verstärkt zu untersuchender Aspekt ist die Um- und Transportverpackung, welche ab 2045 auch das verbleibende **Treibhausgaspotenzial** bestimmt. Hier erscheinen Optimierungen realisierbar, auch wenn die eingesetzte Wellpappe eher geringe Umweltlasten zeigt (bei ggf. gegenläufigen Entwicklungen in der Eutrophierung und bei NFP).

Die **Stellschrauben** zur zukünftigen Optimierung der Aluminium-Getränkendose liegen somit insbesondere in den folgenden Bereichen:

**Abbildung 7: Stellschrauben zur Optimierung der Aluminiumgetränkendosen**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol)

Bezüglich der Erkenntnisse zur Aluminium-Getränkendose lassen sich die folgenden Einschränkungen feststellen:

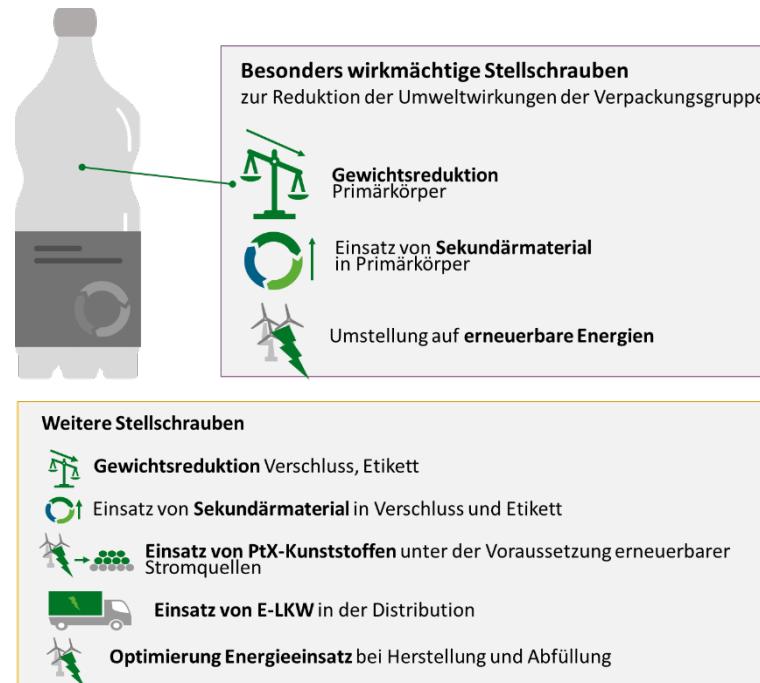
- Ein hoher Anteil an Sekundäraluminium im Primärkörper ist nur dann möglich, wenn das Angebot an für die benötigten Legierungen geeignetem Sekundäraluminium ausreichend hoch ist. Die Marktentwicklung von Getränkendosen befindet sich derzeit in einer Wachstumsphase, daher besteht die Möglichkeit, dass ein Anteil des Rezyklateinsatzes mit importiertem Doseschrott gedeckt werden muss. Das bedeutet, dass dort dann Recyclingmaterial fehlt. Dies hat jedoch bei der langfristigen Betrachtung in dieser Studie keine Relevanz, da in Zukunft davon auszugehen ist, dass die benötigte Infrastruktur für ein funktionierendes Closed-Loop-Recycling in 2045 etabliert ist und die Getränkendose ein stabiles Markt-Niveau erreicht haben wird.

#### **Ökobilanzielle Ergebnisse: Verpackungsgruppenspezifische Entwicklungen und Empfehlungen für die PET-Einwegflasche**

Die PET-Einwegflaschen zeigen im Schnitt über alle untersuchten Wirkungskategorien abgesehen von dem Naturfernenpotenzial sinkende Umwelteinwirkungen. Die zugrunde gelegten Veränderungen für interne Prozesse und äußere Rahmenbedingungen eignen sich demnach in Summe dazu, Optimierungspotenziale in dieser Verpackungsgruppe umzusetzen.

Es fallen keine Verschiebungen der ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte auf. Die **Herstellung der Primärverpackung** bleibt auch prospektiv betrachtet der ergebnisbestimmende Lebenswegabschnitt. Die größte Stellschraube der Optimierungsmöglichkeiten fokussiert sich daher auch zukünftig insbesondere auf einen möglichst hohen Einsatz von Sekundärmaterial und möglichst geringe Materialmengen, respektive eine Verringerung des Gewichts. Der Verzicht auf (primäre) fossile Rohstoffe als Feedstock durch den Einsatz von **Recyclingmaterial** wirkt sich deutlich positiv auf die Umweltwirkungen der Verpackungen aus.

Die **Stellschrauben** der PET-Einwegflaschen liegen somit insbesondere in den folgenden Bereichen:

**Abbildung 8: Stellschrauben zur zukünftigen Optimierung von PET-Einwegflaschen**

Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol)

Bezüglich der Erkenntnisse zur PET-Einwegflasche ist ergänzend Folgendes festzuhalten:

- Der maximale Anteil von Sekundärmaterial ist durch die Verfügbarkeit recycelter Materialien begrenzt. Da es unter anderem durch Recycling- und Herstellungsprozesse zu Materialverlusten kommt, ist ein vollständig geschlossener Kreislauf ohne Zufuhr von primärem Material oder Import von Recyclingmaterial nicht für den gesamten Markt realisierbar.
- Von Begleitkreismitgliedern wurde angemerkt, dass eine signifikante Menge an Einweg-Plastikflaschen (Schätzwert liegt bei ca. 20 Prozent) bei Tankstellen, Kiosken oder anderen Kleinstverkaufsstellen zurückgegeben würden. Die Erfassung erfolge bei solchen Kleinstverkaufsstellen unkomprimiert in Plastiksäcken mit relativ ineffizientem Transport über lange Transportdistanzen. Falls vor diesem Hintergrund eine Unterschätzung der Umweltwirkungen aus dem Transport leerer PET-Einwegflaschen in der Modellierung erfolgt sein sollte, würde hierdurch ein Optimierungspotenzial im Transport unterschätzt werden.

#### Ökobilanzielle Ergebnisse: Verpackungsgruppenspezifische Entwicklungen und Empfehlungen für die Glas-Mehrwegflasche

Die Glas-Mehrwegsysteme zeigen für die meisten Wirkungskategorien unter den prospektiv getroffenen Annahmen Optimierungspotenziale. Ausgenommen ist neben dem Naturfernpotenzial auch das Krebsrisikopotenzial (CRP). Dieses weist eine geringe Verschlechterung für 2030 auf und verbleibt 2045 auf diesem Niveau. Bei der detaillierten Betrachtung der Optimierungspotenziale ist erkennbar, dass im Szenario 2045 keine weitere Veränderung stattfindet, da sich eine geringe Verschlechterung durch externe Faktoren und eine geringe Optimierung durch interne Aspekte gegenseitig aufheben.

In den Glas-Mehrwegsystemen verbleibt über den Lebensweg auch prospektiv der für die Umweltwirkungen bestimmende Faktor die Abfüllung (inklusive Gebindereinigung).

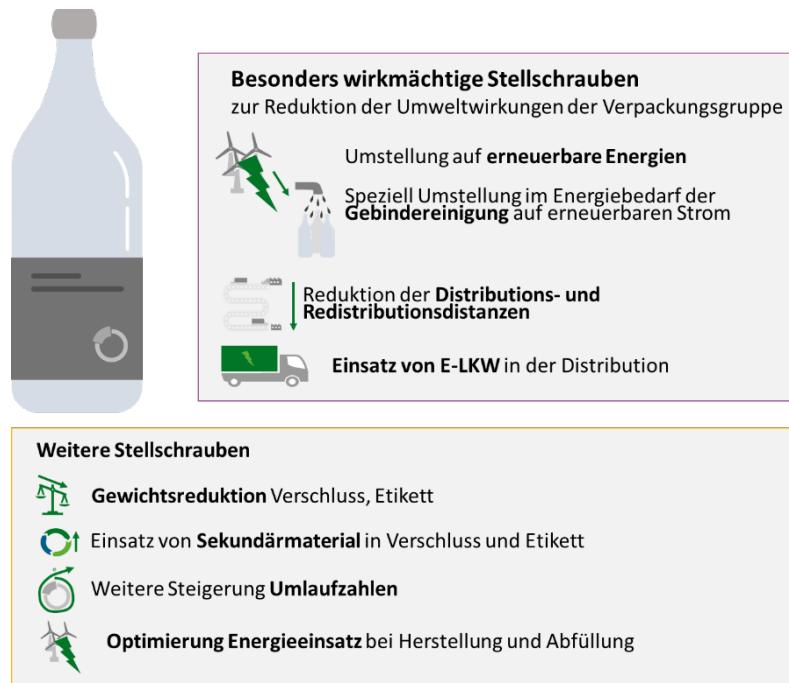
Insbesondere die **aquatische Eutrophierung** und der **Wasserverbrauch** können durch die untersuchten Veränderungen nur geringfügig verringert werden. Während andere Wirkungskategorien stark von der Energieerzeugung dominiert werden, ist hier der Einfluss des Reinigungsprozesses relevant.

Die **Einwegkomponenten**, d. h. Deckel und Etiketten der Glas-Mehrwegsysteme gewinnen mit jedem Umlauf an Relevanz, da sie entsorgt und erneuert werden müssen. Den Einwegbestandteilen kommt daher perspektivisch eine deutlich größere Bedeutung – auch für weitere Optimierungen – zu. Denkbare Optimierungen an dieser Stelle wären neben dem vermehrten Recyclingeinsatz die Materialwahl von Deckel und Etikett, gegebenenfalls auch die Entwicklung und Verwendung von mehrwegfähigen Verschlüssen. Zudem könnte untersucht werden, ob die Wahl der Glasfarbe Optimierungsmöglichkeiten bieten kann.

Die zunehmende Bedeutung insbesondere der Verschlüsse zeigt jedoch auch, dass innerhalb der betrachteten Systeme **Zielkonflikte** entstehen können. Eine Möglichkeit zur Verringerung des Gewichts der Gebinde besteht in einer gleichmäßigeren Glasverteilung in den Flaschen, die jedoch i. d. R. den Einsatz des s. g. Press-Blas-Verfahrens anstelle des s. g. Blas-Blas-Verfahrens voraussetzen würde. Dafür werden bisher größere Mündungen und damit verbunden auch größere Verschlüsse benötigt. Leichtere Gebinde können daher in einem Zielkonflikt mit der Verringerung des Einflusses der Verschlüsse stehen.

Die **Stellschrauben** der Glas-Mehrwegflaschen liegen insbesondere in den folgenden Bereichen:

**Abbildung 9: Stellschrauben zur zukünftigen Optimierung von Glas-Mehrwegflaschen**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol)

Bezüglich der Erkenntnisse zur Glas-Mehrwegflaschen ist ergänzend Folgendes anzumerken:

- Bei den Mehrwegsystemen wurden keine Anpassungen der Um- und Transportverpackungen bilanziert. Es kann an dieser Stelle als Analogieschluss vermutet werden, dass eine Gewichtsreduktion, sowie auch die Erhöhung der Sekundäranteile eine positive Auswirkung auf die Umwelprofile hätte. Optimierungspotenziale sind in zukünftigen Studien im Bereich der Um- und Transportverpackungen von

Mehrwegsystemen zu untersuchen. Wenn die ergebnisbestimmenden Aspekte sich aus den Bereichen Abfüllung und Distribution unter Umsetzung der Energiewende zunehmend in Richtung der Einwegbestandteile und Um- und Transportverpackungen von Mehrwegsystemen verschieben, erhält dieser Aspekt eine steigende Relevanz.

- ▶ Die Bedeutung von Gewichtsreduktionen und Erhöhung des Sekundäranteils im Primärkörper nimmt mit steigender Umlaufzahl ab. Insbesondere in Bezug auf die Transporte der Distribution und Redistribution bleibt die Gewichtsreduktion der verhältnismäßig schweren Glas-Mehrwegflaschen weiterhin ein wichtiger Faktor.
- ▶ Von Seiten von Mitgliedern des Begleitkreises wurden die angenommenen Umlaufzahlen teilweise als zu niedrig, teilweise auch als zu hoch bewertet. Eine alternative Datengrundlage konnte hierbei jedoch nicht verfügbar gemacht werden. Grundsätzlich wurde der Einfluss von Variationen der Umlaufzahlen in einer Sensitivitätsanalyse untersucht. An den grundsätzlichen Aussagen ändert sich hierbei nichts: Eine Steigerung von Umlaufzahlen trägt zur Verbesserung der ökologischen Performance bei; aufgrund der weiteren Optimierungen, welche ggf. an der Verpackung und im Hintergrundsystem erfolgen, nimmt aber die absolute Bedeutung von Variationen der Umlaufzahlen, sofern sich diese bereits auf einem hohen Niveau befinden, tendenziell ab. Gleichwohl lässt sich aus den Ergebnissen und den durchgeführten Sensitivitätsanalysen ableiten, dass einzelne Systeme mit deutlich niedrigeren Umlaufzahlen dann auch entsprechend mit höheren Umweltwirkungen je Umlauf verbunden sind.
- ▶ Speziell für das Getränkesegment der Säfte und Nektare wurden von verschiedenen Stakeholdern die Annahmen zu den Transportdistanzen kritisch (als zu weit) gesehen. Die getroffene Aussage bzw. Schlussfolgerung, dass in einer Reduktion von Transportdistanzen ein Potenzial zur Reduktion der Umweltwirkungen besteht, bleibt jedoch auch vor diesem Hintergrund bestehen.
- ▶ Tethered Caps wurden bei Glas-Mehrwegflaschen nicht als zukünftige Anpassung untersucht. In Analogie zu den untersuchten Einwegsystemen wäre bei einem zukünftigen Einsatz von Tethered Caps für Mehrwegflaschen davon auszugehen, dass auch hier erhebliche Potenziale zur Reduktion der Umweltwirkungen durch Littering bestehen.

### **Ökobilanzielle Ergebnisse: Verpackungsgruppenspezifische Entwicklungen und Empfehlungen für die PET-Mehrwegflasche**

Die Ökobilanzierungsergebnisse des PET-Mehrwegsystems zeigen wie bei den Glas-MW-Systemen für die meisten Wirkungskategorien unter den prospektiv getroffenen Annahmen Optimierungspotenziale.

Ausgenommen der verpackungsgruppenübergreifenden Verschlechterung der Kategorie Naturfernpotenzial zeigen die Ergebnisse der PET-Mehrwegflasche für alle untersuchten Wirkungskategorien Optimierungspotenziale für 2030 und deutlicher für 2045. Die berücksichtigten Veränderungen im System der PET-Mehrwegflaschen sind demnach insgesamt als zielführend zu betrachten.

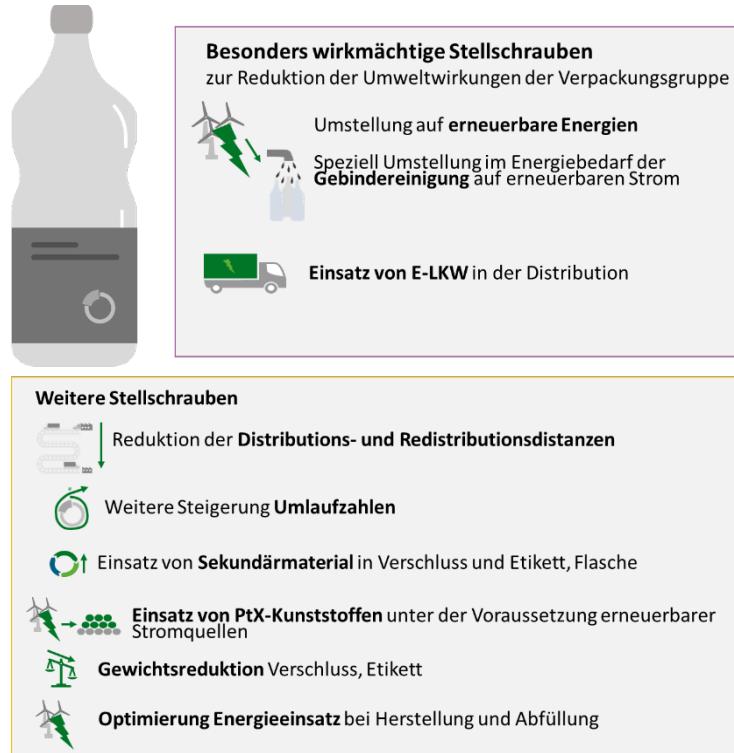
Die größte interne Stellschraube stellt die Umstellung des gesamten Energiebedarfs der Gebindereinigung auf Strom dar. Der Lebenswegabschnitt Abfüllung, welcher für die symmetrischen Szenarien Status quo und 2030 bezüglich der Kategorie Klimawandel (GWP fossil) ergebnisbestimmend ist, wird 2045 von der Herstellung des Verschlusses und des Etiketts überholt. Optimierungen bei diesen Einwegkomponenten innerhalb des Mehrwegsystems wie Steigerung des Einsatzes von Sekundärmaterial, Gewichtsreduktion und Einsatz von PtX-Kunststoffen tragen hier zur Reduktion der Umweltwirkungen bei.

Auch die untersuchten Optimierungen im Bereich der Distribution und Re-Distribution (Reduzierung Distanzen, Umstellung auf elektrifizierte LKW) zeigen, dass hierdurch eine relevante Reduktion der Umweltwirkungen erreicht wird.

Die Bedeutung der erreichten Umlaufzahlen bleibt hoch. Perspektivisch (unter Annahme der Umsetzung der anderen betrachteten Optimierungen) reduziert sich dabei das Potenzial weiterer Steigerungen.

Die **Stellschrauben** der PET-Mehrwegflaschen liegen somit insbesondere in den folgenden Bereichen:

**Abbildung 10: Stellschrauben zur Optimierung der PET-Mehrwegflasche**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol)

Bezüglich der Erkenntnisse zur PET-Mehrwegflaschen ist ergänzend Folgendes anzumerken:

- Die auf Basis der Erhebung der Optimierungspotenziale und Diskussion im Begleitkreis untersuchte Steigerung des Rezyklateinsatzes in der PET-Mehrwegflasche von 25 % im Status quo auf 40 % im Jahr 2030 und 60 % im Jahr 2045 ist deutlich geringer als bei den Einwegflaschen (Erhöhung auf 90 % Rezyklateinsatz). Bei einer Erhöhung des Rezyklateinsatzes über 60 % hinaus, ist auch bei den PET-Mehrwegflaschen von einer weiteren Reduktion der Umweltwirkungen auszugehen.
- Bei den Mehrwegsystemen wurden keine Anpassungen der Um- und Transportverpackungen bilanziert. Daher kann an dieser Stelle lediglich vermutet werden, dass eine Gewichtsreduktion, sowie auch die Erhöhung der Sekundäranteile eine positive Auswirkung auf die Umweltprofile hätte. Optimierungspotenziale sind in zukünftigen Studien im Bereich der Um- und Transportverpackungen von Mehrwegsystemen zu untersuchen. Wenn die ergebnisbestimmenden Aspekte sich aus den Bereichen Abfüllung und Distribution unter Umsetzung der Energiewende zunehmend in Richtung der Einwegbestandteile und Um- und

Transportverpackungen von Mehrwegsystemen verschieben, erhält dieser Aspekt eine steigende Relevanz.

- ▶ Tethered Caps wurden bei PET-Mehrwegflaschen nicht als zukünftige Anpassung untersucht. In Analogie zu den untersuchten Einwegsystemen wäre bei einem zukünftigen Einsatz von Tethered Caps für Mehrwegflaschen davon auszugehen, dass auch hier erhebliche Potenziale zur Reduktion der Umweltwirkungen durch Littering bestehen.
- ▶ Die Bedeutung von Gewichtsreduktionen und Erhöhung des Sekundäranteils im Primärkörper nimmt mit steigender Umlaufzahl ab. Insbesondere in Bezug auf die Energieeffizienz von Transporten der Distribution und Redistribution bleibt die Gewichtsreduktion ein relevanter Faktor.

### **Ökobilanzielle Ergebnisse: Verpackungsgruppenspezifische Entwicklungen und Empfehlungen für den Getränkeverbundkarton**

In den Ökobilanzierungsergebnissen für die Verpackungsgruppe Getränkeverbundkarton fallen in einigen Wirkungskategorien Entwicklungen auf, welche überdurchschnittlich hohe Abweichungen zum Bezugsszenario darstellen. Die prospektiven Ergebnisse im Szenario 45-45 für die Kategorien Naturfernpotenzial, aquatische Eutrophierung und KRA liegen um mehrere 100 % höher als das Bezugsszenario SQ-30. Die Kategorie Klimawandel (total) hingegen erreicht hoch negative Werte. Nennenswerte Optimierungen sind ausschließlich bei den Kategorien KEA (nicht erneuerbar), Klimawandel (fossil und total), Wasserverbrauch und Krebsrisikopotenzial (CRP) zu erkennen.

Der Anstieg des **Naturfernpotenzials** ist keine Besonderheit des Getränkeverbundkartons, sondern bei allen untersuchten Verpackungssystemen festzustellen. Beim Getränkeverbundkarton kommt jedoch ein weiterer Aspekt hinzu, da es sich um das einzige System handelt, welches in der Primärverpackung nachwachsende Rohstoffe einsetzt (Rohkarton). Durch die Erhöhung des Recyclinganteils in Papiererzeugnissen geht in der Regel eine Erhöhung des Energiebedarfes einher. Bei der Herstellung von primären Papiererzeugnissen fallen Ablägen an, die direkt thermisch verwertet werden und somit einen Teil der benötigten Energie für den Papierherstellungsprozess liefern. Bei der Erhöhung des Recyclinganteils muss somit mehr Energie aus externen Quellen bezogen werden, was sich bei Energie aus erneuerbaren Quellen auf das NFP erhöhend auswirkt.

Auch die Ergebnisse in der Kategorie **aquatische Eutrophierung** finden eine Ursache in dem erhöhten Recyclinganteil im Rohkarton. Durch die Reinigungsprozesse bei der Herstellung von Papiererzeugnissen aus Altpapier fallen höhere Mengen an verunreinigtem Abwasser an, als es bei der primären Herstellung der Fall ist. Dieser Effekt zeigt sich bei allen Verpackungssystemen im Bereich der Um- und Transportverpackung, da hier in der Regel ebenfalls viele Papiererzeugnisse eingesetzt werden. Beim Getränkeverbundkarton kommt zusätzlich der Anteil an der Primärverpackung hinzu, was in der sektoralen Auswertung der aquatischen Eutrophierung auch sichtbar wird.

Im Hinblick auf die sehr deutliche Erhöhung des **priorisierten KRA** bis 2045 zeigt sich, dass dies ausschließlich aus den Veränderungen der Rahmenbedingungen im Szenario 2045 resultiert, während die internen Veränderungen beider prospektiver Szenarien geringe Verbesserungen in dieser Kategorie verursachen.

Die Ergebnisse im Bereich **Klimawandel (fossil)** werden im Status quo und im 2030 Szenario besonders durch die Lebenswegabschnitte Primärverpackungsherstellung (Aluminium, Kunststoff und Rohkarton) und Verwertung bestimmt. Die deutlichen internen Einsparungen für das Jahr 2030 resultieren aus dem Verzicht auf die Aluminiumschicht im Verbund sowie im Verschluss, die durch PtX Kunststoffe (EVOH) ersetzt werden. Weitere Einsparpotenziale

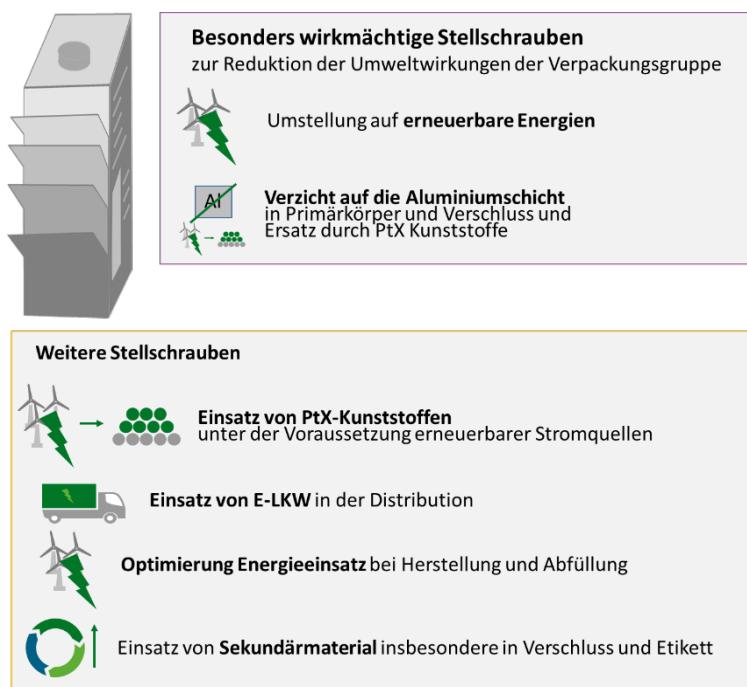
ergeben sich aus der Erhöhung des Einsatzes von Sekundärmaterial in Verschluss und Etikett, dem Einsatz von PtX-Kunststoffen im Verpackungskörper und dem Einsatz elektrifizierter LKW in der Distribution.

Die Auffälligkeiten in den Ergebnissen der Kategorie **Klimawandel (total)** entstehen hauptsächlich durch die Berechnungsmethodik, insbesondere durch die Kombination aus dem rechnerischen Umgang mit inkorporiertem Kohlenstoff im Rohkartonanteil und der 50 %-igen Allokation am Ende des Lebensweges der Verpackungssysteme.

Im Rahmen der **Sensitivitätsanalyse** wurden mithilfe von Systemvarianten die Einflüsse von biobasierten Kunststoffen sowie Kunststoffen aus dem chemischen Recycling im symmetrischen Szenario des Status quo untersucht. Das chemische Recycling zeigt keine nennenswerten Vor- oder Nachteile gegenüber dem Basisszenario. Trotz, dass der Recyclinganteil in dieser Variante erhöht ist, ist der Energieverbrauch im chemischen Recycling von Kunststoffen offenbar bisher zu hoch, um eine Verbesserung des Umweltwirkungsprofils der Getränkeverbundkartons zu erreichen. Die Ergebnisse für die Variante mit biobasierten Kunststoffen zeigen nennenswerte Verbesserungen gegenüber der Basisvariante in den Wirkungskategorien KRA, KEA (nicht erneuerbar), Klimawandel (total deutlich mehr als fossil) und aquatische Eutrophierung. Nachteile sind in keiner Kategorie festzustellen. Basierend auf den Ergebnissen der Ökobilanzierung wäre die Umstellung auf biobasierte Kunststoffe demnach eine weitere interne Optimierungsmöglichkeit für den Getränkeverbundkarton – zumindest bezogen auf den Status quo.

Die **Stellschrauben** der Getränkeverbundkartons liegen somit insbesondere in den folgenden Bereichen:

**Abbildung 11: Stellschrauben zur zukünftigen Optimierung von Getränkeverbundkartons**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol)

Bezüglich der Erkenntnisse zu Getränkeverbundkartons ist ergänzend Folgendes zu beachten:

- Die verwendete Allokationsmethode (50:50-Allokation) führt in Kombination mit dem Umgang mit inkorporiertem Kohlenstoff in Papierprodukten dazu, dass die

Kohlenstoffbilanz nicht geschlossen ist. Diese Problematik und die Begründung für dieses Vorgehen werden in Kapitel 3 im Detail erläutert. Bei der Auswertung der Ergebnisse muss dieser Aspekt berücksichtigt werden. Das bedeutet, dass die Aussagekraft der Ergebnisse für das Treibhausgaspotenzial (total) der Getränkeverbundkartonsysteme eingeschränkt ist.

- Von Mitgliedern des Begleitkreises wurde die Annahme der Verwendung von Holz aus nachhaltiger Waldwirtschaft bei der Herstellung von Getränkekartons kritisch gesehen. Auf vielen Getränkekartons würde das sogenannte FSC-Mix Label verwendet, bei welchem nur 70 Prozent des verarbeiteten Holzes den FSC-Kriterien entsprächen. Inwieweit eine Verwendung von Holz aus nicht-nachhaltiger Waldwirtschaft jedoch die Ökobilanzergebnisse beeinflussen würde, bleibt unklar, da hierfür eine entsprechende Datengrundlage fehlt.

### Zusammenfassende Auswertung

Generell weisen wie beschrieben alle Verpackungssysteme in den meisten Wirkungskategorien Reduktionspotenziale auf; die deutlichsten Reduktionen sind beim Treibhauspotenzial und dem KEA fossil festzustellen. Auch die weiteren Wirkungskategorien auf Basis luftgetragener Schadstoffe und der KRA zeigen Reduktionen, wenn auch nicht im gleichen Maße.

Es zeigt sich bei der zusammenfassenden Betrachtung, dass Optimierungen, die den Stofffluss reduzieren allgemein ein hohes Potenzial für die Reduktion der Umweltwirkung von Getränkeverpackungen in allen bilanzierten Umweltwirkungskategorien aufweisen. Die errechnete Wirkung bis zum Jahr 2045 wird maßgeblich vom Grad der Optimierung im Status quo bestimmt.

Reduzierte Bedarfe an Primär- und Sekundärmaterial führen zu geringeren Umweltlasten der Materialherstellung/-bereitstellung. Zudem führen leichtere Verpackungen zu geringerem Energieverbrauch bei Herstellung, Transport und Entsorgung. Das heißt für die Hersteller, dass Verpackungsgewichte minimiert werden sollten. Befördert werden kann dies durch von der Politik geschaffene Anreize zur Materialreduktion. Zu beachten ist, dass für die Getränkendose und den GVK kaum weitere Potenziale zur Reduzierung des Gewichts des Primärkörpers bestehen, wie im Rahmen der Datenerhebung festgestellt wurde.

Die Substitution von (fossilen) primären Materialien durch Sekundärrohstoffe mit dem Ziel der Einsparung von primären Rohstoffen bleibt ein wesentliches Optimierungspotenzial für alle Einwegverpackungsbestandteile in allen Getränkeverpackungssystemen. Der Einsatz von Sekundärmaterial bedarf dabei einer aktiven Steuerung. Hersteller müssen das Sekundärmaterial einsetzen, Recycler müssen die notwendigen Qualitäten liefern. Die Entwicklung sollte durch entsprechende politische Rahmensetzungen unterstützt werden. Für die Aluminiumgetränkendose wurden auf Basis der Datenerhebung bereits hohe Sekundärmaterialquoten bilanziert, daher kann nur noch eine geringe Optimierung bis zum Jahr 2045 erfolgen – anders bei den PET-Einweggebinden. Hier liegt der durchschnittliche rPET-Anteil im Status quo bei 35 %, die Optimierung hin zu einer deutlich verstärkten Kreislaufführung zeigt ein entsprechend großes Optimierungspotenzial.

Eine weitere materialseitige Optimierungsmöglichkeit besteht im Einsatz von PtX-Kunststoffen. Der strombasierte Feedstock bei der Kunststoffproduktion in 2045 verändert die Umweltbewertung der Kunststoffe maßgeblich. Wenn diese Entwicklung eintritt, geht die Produktion und (immer im System anteilig berücksichtigt) die finale energetische Verwertung von Kunststoffen zwar mit hohen Energieverbräuchen, aber nicht mehr mit hohen THG-Belastungen einher. Um entsprechende Entwicklungen anzustoßen, braucht es neben einer politischen Rahmensetzung Unternehmen, die aktiv diese Materialien nachfragen und einsetzen. Ein Potenzial zeigt sich hier insbesondere bei Etiketten und Verschlüssen, wo auch

perspektivisch durch einen Ersatz von Primärmaterial eine Reduktion der Umweltwirkungen erreicht werden kann.

Bei den Mehrwegsystemen bleibt eine hohe Umlaufzahl weiterhin wichtig. Mit steigender Umlaufhäufigkeit reduziert sich der Bedarf an Neuflaschen und damit die mit der Herstellung der Gebinde einhergehenden Umweltlasten. Optimierungen müssen hier auf eine Stabilisierung der hohen Umlaufzahlen abstellen bzw. bei weniger gut entwickelten Mehrwegsystemen die Umlaufzahlen langfristig und signifikant erhöhen. Als geeignet erscheinen alle Maßnahmen der Hersteller, die den Pool stabilisieren und den Tausch der Gebinde vereinfachen.

Für die Mehrweg-Systeme wurden im Rahmen der Bilanzierung Umlaufzahlen angenommen, die mögliche untere Randbereiche nicht vollständig abdecken. Daher erscheint das Optimierungspotenzial hier ggf. geringer als es für einzelne derzeit nicht optimal eingestellte Mehrweggebinde der Fall sein mag. Hinsichtlich der Substitution von (fossilen) Primärmaterialien gilt im Prinzip das gleiche wie für die Einweggebinde, nur dass hier die Potenziale geringer ausfallen. Der Einsatz von r-PET kann wesentlich erhöht und die Umweltbelastungen dadurch verringert werden. Auch wenn aufgrund der vielen Umläufe, die mit der Gebindeherstellung verbundenen Belastungen einen geringeren Einfluss auf das Ergebnis haben als bei Einwegsystemen, stellen auch hier die Schließung der Stoffkreisläufe und der Einsatz von PtX-Kunststoffen Optimierungsansätze dar.

Ergänzend sei an dieser Stelle auf die Erkenntnisse aus der zusätzlichen Betrachtung des Füllgutes hingewiesen. Hier hat sich gezeigt, dass bei Berücksichtigung des Füllgutes die Distribution auch prospektiv bis 2030 für alle untersuchten Verpackungsgruppen relevant bleibt und die Emissionen sich hier erst mit der bilanzierten vollständigen Elektrifizierung des Verkehrs in 2045 nennenswert reduzieren. Dies zeigt ergänzend das Potenzial regionaler Bezugsquellen und möglichst kurzer Transportwege im Hinblick auf eine Reduzierung der durch die Distribution verursachten Umweltwirkungen.

## Summary

This life cycle assessment (LCA) study investigated the question how beverage packaging systems for the beverage segments beer, soft drinks, water, and juices/nectars could develop in the future in terms of their environmental performance – considering foreseeable changes in contextual conditions (energy system, change in feedstock etc.) as well as the realization of anticipated optimization potentials within the packaging systems (weight, content of recycled material, etc.).

The German Environment Agency (Umweltbundesamt, UBA) commissioned the study.

The project consortium that conducted the study includes the following organizations:

- ▶ Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH
- ▶ GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH
- ▶ ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
- ▶ Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH

### Background of the study

The former coalition parties of the 19th legislative period (CDU/CSU and SPD) initially approached the UBA and the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, and Nuclear Safety (BMU) with the idea of conducting a comparative LCA for beverage packaging. In coordination between the coalition parties and UBA/BMU, the goal was then jointly formulated: to determine how the environmental impacts of beverage packaging systems for the beverage segments beer, soft drinks, and water could prospectively develop – under changing contextual conditions and depending on the realization of anticipated optimization potentials. At the request of the representatives of the specially established review committee for the study, the beverage segment of juices and nectars was later included in course of the project.

The prospective approach aimed to ensure that the results are not already outdated at the time of publication and that developments could be initiated that would still align with the desired direction in the coming years (under changed contextual conditions). This includes considering changes in both packaging systems (e.g., regarding material use, recycling situations, and circulation numbers) and contextual conditions (e.g., energy supply).

The temporal focus of the optimization potentials to be analysed was set by the UBA/BMU to the developments that could be foreseen until 2030. According to the terms of reference, the optimization potentials were to be analysed for contextual conditions in the years 2030 and 2050 (decarbonized and largely defossilized economy). Since the German government had set itself more ambitious targets during the project, the initial 2050 scenario was changed to 2045.

### Objective of the study

Specifically, the study addresses the following question:

- ▶ How could the environmental impacts of different beverage packaging systems develop in the future
  - under changing contextual conditions (External potentials: Which optimizations result from the context such as a change in the energy-mix and in the feedstock?) and
  - and if optimization potentials of the packaging systems are realized (Internal potentials: Where are the packaging system-specific parameters such as weight, material

composition, use cycles of reusable packaging systems, disposal routes, distribution, and process data heading?)?

A comparison of different beverage packaging systems is not the subject of this study.

### Note on the comparison of different beverage packaging systems

The aim of the study is to examine and evaluate optimization potentials within individual beverage packaging systems. A comparison of different packaging systems with each other is not part of the objective described in the goal and scope definition of the study.

In line with the defined objectives, the methodological approach pursued in the study is designed to consider the various optimization potentials of the packaging systems in scope and not to compare the absolute results of the systems with each other.

Therefore, only relative results were presented in the final report. These are based on the conversion of absolute values. However, to transparently present the basis and significance of the relative values, the absolute values are included in the annex.

The inclusion of absolute values, however, allows for the unintended comparison of different beverage packaging systems. From the perspective of the authors and the UBA/BMUV, as well as the members of the critical review committee, the following aspects particularly oppose the comparability of the results for different beverage packaging systems:

- ▶ Use of different data bases in mapping the systems as well as differences in the approach to data collection, e.g., different studies and different reference years.
- ▶ The procedure for determining the optimization potentials (survey among the members of the advisory committee) is primarily based on the feedback of the stakeholders concerned.
- ▶ Lack of an adequate interpretation strategy taking into account the environmental priority and scientific validity of the evaluated environmental impact categories, as required by the UBA guidelines for comparative LCA of beverage packaging (Detzel et al. 2016).

The points above do not reduce the value of the results with respect to the intended objective of the study, however, they do not allow for a robust comparison of the results for the different packaging systems.

In addition, the relevant ISO standards 14040/14044 require a critical review for comparative LCAs. Although this LCA was critically reviewed, this was done with regard to the above-mentioned objective of analyzing optimization potential within the packaging systems and not with regard to its suitability for comparing the systems with one another. Thus, following the standards, the results documented in the appendix are not suitable as a basis for communicating comparative statements.

### Project structure

The approach in the project was divided into five work packages (WPs).

In WP 1 (lead: ifeu Institute), background data based on the green scenarios from the UBA project "RESCUE" were gathered and prepared for further use in the project. The task of the project team was to prepare the selection, to advise the UBA on the selection, to present the results to the advisory committee and to prepare the necessary data for the LCA i.

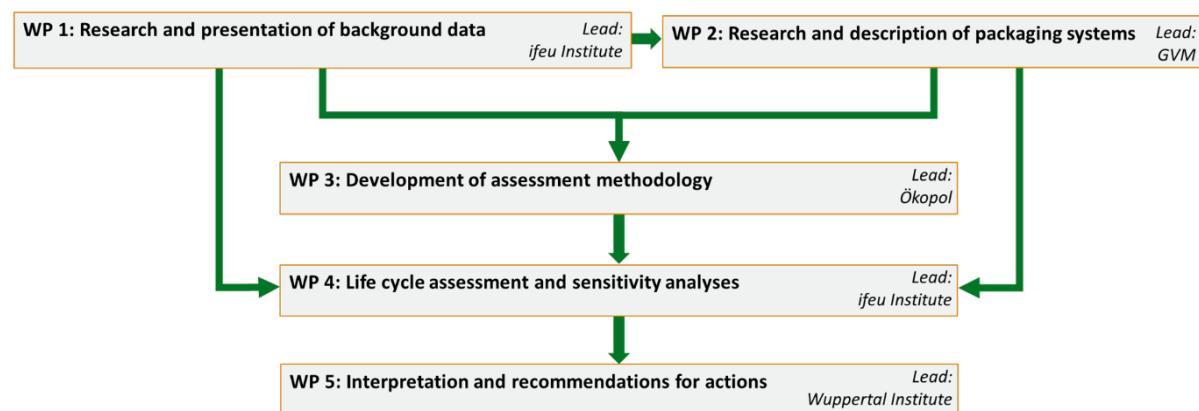
In WP 2 (lead: GVM), the packaging systems within the beverage segments under consideration were selected, the parameters relevant to the LCA researched (e.g., weight, recycled content etc.), and optimization potentials for 2030 and 2045 identified.

In WP 3 (lead: Ökopol), based on the study "Review and update of life cycle assessments for beverage packaging" (Detzel et al. 2016), a suitable methodological approach considering the objective of the study was developed.

In WP 4 (lead: ifeu Institute), the calculations were carried out in accordance with the previously methodology.

In WP 5 (lead: Wuppertal Institute), the results of the WPs 1-4 were interpreted.

**Figure 1: Schematic representation of the project structure**



Source: Ökopol

### Method and approach

The method is based on the specifications of the relevant ISO standards 14040 and 14044 as well as the UBA guidelines for LCAs of beverage packaging ("Review and update of life cycle assessments for beverage packaging" (Detzel et al. 2016), hereinafter "UBA guidelines").

In contrast to the study conducted here, the UBA guidelines were developed for retrospective and comparative LCAs. Against this background, it was also part of the research project to examine the applicability of the UBA guidelines for the objective of this study (prospective analysis of optimization potentials). As a result of this process, in few justified cases, deviations from the specifications of the UBA guidelines were made, e.g., with regard to the interpretation strategy and the list of impact categories considered.

Furthermore, additional environmental aspects were included in the study which are not considered in the UBA guidelines and which are likely to become more relevant in the 2030 and 2045 scenarios. In this context, methods to assess plastic emissions and noise pollution were researched and further developed.

Regarding plastic emissions, the model for calculating micro- and macroplastic emissions developed by the Plastic Leak Project (Peano et al. 2020) was used. For noise pollution, the potential noise emissions resulting from transport and energy generation processes were calculated based on an indicator developed by Kauertz et al. (2020b).

The results for noise pollution and plastic emissions only supplement the results of the LCA. The procedures used to determine these categories are merely initial efforts to integrate these aspects into LCAs of beverage packaging. This must be taken into account when interpreting the results.

### Critical review

As part of the project, an advisory committee was set up consisting of representatives of manufacturers/bottlers, retailers, the recycling and waste industry, and environmental and consumer associations. The committee took on three central roles in the project:

- ▶ Ensure that the data basis is complete, up-to-date and meaningful
- ▶ Bring current knowledge regarding packaging systems into the project
- ▶ Perform the critical review of the LCA according to ISO 14040 and 14044

Around 30 representatives of the various stakeholder groups (environmental and consumer associations, retailers, manufacturers/fillers, the recycling and waste management industry, industrial associations and the scientific community) were involved in the committee.

The committee was chaired by Prof. Dr. Mario Schmidt, Head of the Institute for Industrial Ecology (INEC) at the Faculty of Business and Law at Pforzheim University. Prof. Schmidt moderated the committee meetings and was responsible for the critical review following ISO 14040 and 14044.

Six meetings were originally planned for the committee. In addition to a kick-off and a closing event, this included four events with content aligned to the work packages of the project. The meetings were held online and were prepared and followed-up by the project team. In addition to the official committee meetings, two extra meetings were held to meet the additional need for discussion with regard to specific methodological aspects and assumptions, and to discuss the data basis of the beverage segment juices and nectars.

Within the committee meetings, the participants had the opportunity to comment on the interim results (e.g. with regard to methodological aspects and the data basis). In addition, the participants were given the opportunity to submit written statements.

The final project report was subjected to a critical review by Prof. Mario Schmidt in accordance with the requirements of the ISO standards, taking into account the discussions in the committee meetings and the written comments. In the corresponding review report, the ISO conformity of the study is certified.

### Collection of background data

In the first work package, the task was to coordinate and prepare background data for further use in the project. The commissioning organizations specified that one of the six green scenarios from the project "Pathways to Resource-Efficient Greenhouse Neutrality - RESCUE" (cf. Purr et al. 2019) should be used for the prospective scenarios. The task of the project team was to prepare the selection, advise the Environment Agency on the selection, present the selection to the review committee and prepare the necessary data for the LCA.

The RESCUE study shows approaches to solutions and options for action with which resource-conserving greenhouse-gas neutrality can be achieved in Germany by the year 2050. The six scenarios examined a set of different priorities and also define different targets. Only the very ambitious "GreenSupreme" scenario can make a relevant contribution to achieving the 1.5° target of the Paris Climate Agreement. Since this target is the basis of current German climate policy and, in addition, the target achievement has been brought forward to 2045, only the GreenSupreme scenario could be used as the basis for the prospective LCA. Against this background, it was decided at an internal project meeting by the commissioning organizations that the RESCUE GreenSupreme scenario should be used as the background system in this

project. In this context, the target year 2050 was changed to 2045, as this corresponds to the current German federal policy target.

The GreenSupreme scenario thus forms the basis for deriving the data sets to describe the

- ▶ Energy supply,
- ▶ of the material consumption and
- ▶ the transport situation.

These data are currently being translated into LCA data in the UBA project "Consideration of raw material expenditures and environmental impacts for the energy transition in a resource-conserving and greenhouse-neutral Germany - REFINE". These datasets are applied in the modelling carried out here. In addition, assumptions on energy efficiency and the generation of process heat are adopted from the GreenSupreme scenario. General statements on the decoupling of growth as well as on more general changes regarding the circular economy are not relevant for the project presented here, since packaging system-specific data was collected as part of the project. This is the typical procedure in packaging LCA.

#### **Research and mapping of the packaging systems**

The beverage packaging systems to be considered were selected in accordance with the specifications of the UBA guidelines. Taking into account the threshold values defined in the UBA guidelines, 33 packaging systems were initially selected. Subsequently, in consultation with the commissioning organizations, the 33 packaging systems were further aggregated to form 24 packaging systems. Reusable bottles were aggregated into pool and individual bottles and the four non-alcoholic beverage segments were combined into two cross-variety beverage segments.

The subsequent expansion of the study to include the beverage segment of juices and nectars resulted in a further addition of four beverage packaging systems. As a result, 28 different beverage packaging systems were examined.

**Table 1: Beverage packaging systems considered**

Beverages segment	Packaging system
<b>Beer</b>	0,5 l PET single-use bottle 0,5 L aluminium beverage can 0,5 L glass reusable bottle 0,33 L glass reusable bottle
<b>Carbonated waters and soft drinks</b>	1,5 L PET single-use bottle 1,25 L PET single-use bottle 1,0 L PET single-use bottle 0,5 L PET single-use bottle 0,33 L aluminium beverage can 0,25 L aluminium beverage can 1 L PET reusable bottle

Beverages segment	Packaging system
	0,75 L glass reusable bottle
	0,7 L glass reusable pool bottle
	0,5 L glass reusable individual bottle
	0,33 L glass reusable individual bottle
Still waters and soft drinks	1 L beverage carton
	1,5 L PET single-use bottle with crate
	1,5 L PET single-use bottle
	1 L PET single-use bottle with crate
	1 L PET single-use bottle
	0,75 L PET single-use bottle
	0,5 L PET single-use bottle
	1 L PET reusable pool bottle
	0,75 L reusable glass bottle
Juices and nectars	1 L beverage carton
	1 L PET single-use bottle
	1,5 L PET single-use bottle
	1 L glass reusable pool bottle

For the selected packaging systems, the data and information required for the LCA calculation were then collected for the status quo:

- ▶ Mass of the individual packaging components
- ▶ Packing materials for individual secondary components of the main packing material
- ▶ Different quantity composition of the packaging system
- ▶ Use of caps and labels
- ▶ Number of main packing per secondary packing aid
- ▶ Number of secondary and tertiary packaging materials (per layer of a pallet)
- ▶ Number of layers per pallet
- ▶ Recycled content
- ▶ Collection rates for single-use packaging
- ▶ Collection rate for reusable bottles
- ▶ Recovery routes
- ▶ Recovery rates/recycling rates
- ▶ Transport distances
- ▶ Use cycles
- ▶ Filling volumes, development of filling volumes

The following main data sources were used for the packaging specification:

- ▶ GVM database "Market quantity packaging".
- ▶ Desk research and post-processing of data (especially with regard to secondary and tertiary packaging)
- ▶ Data query in the monitoring group
- ▶ Filler data
- ▶ Evaluation of sample purchases and weighing

The result is the differentiated data of the selected packaging systems subdivided according to the various packaging stages for the status quo.

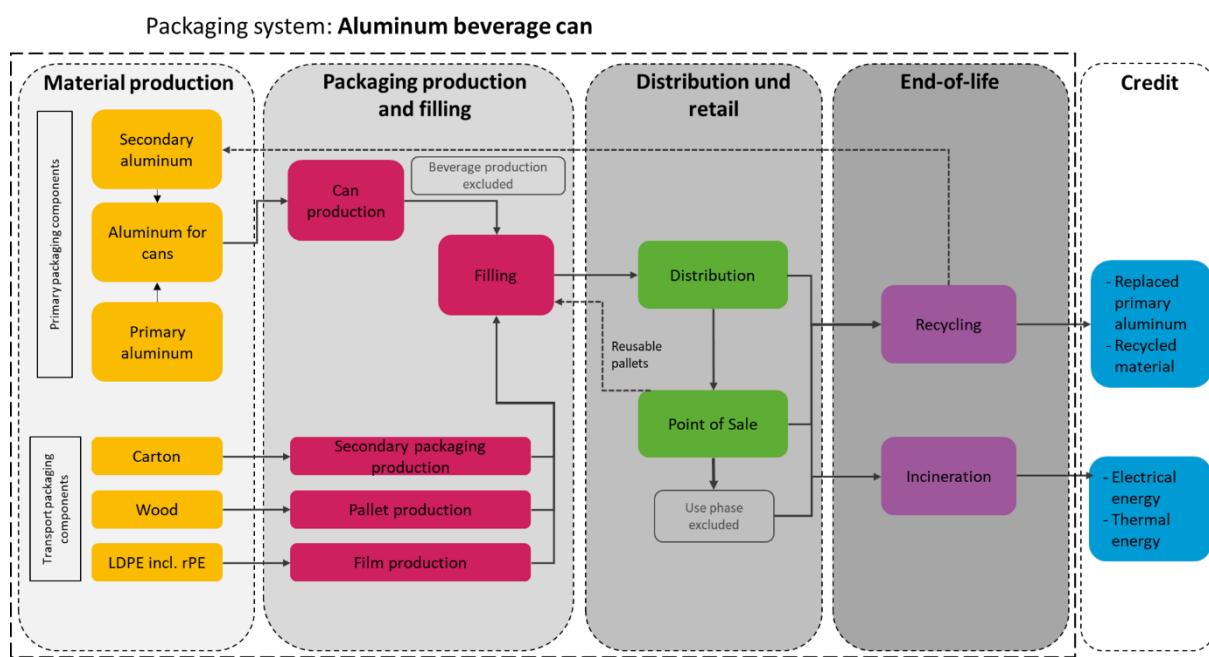
Based on the status quo, optimization potentials regarding the packaging parameters of the various beverage packaging systems (material use, recycled content, use cycles figures for reusable packaging, etc.) in the future scenarios (2030 and 2045) were surveyed in the advisory committee.

The terms of reference stipulated that the focus should be on developments that can be foreseen with relative certainty. Accordingly, a rather conservative approach to the optimization potentials was chosen. Best-practice examples brought forward by market actors or in the advisory committee, for example, always had to be examined with regard to whether they could be successfully established on the market and whether they represented a viable approach for all players.

#### **Transfer of the collected data into an LCA model**

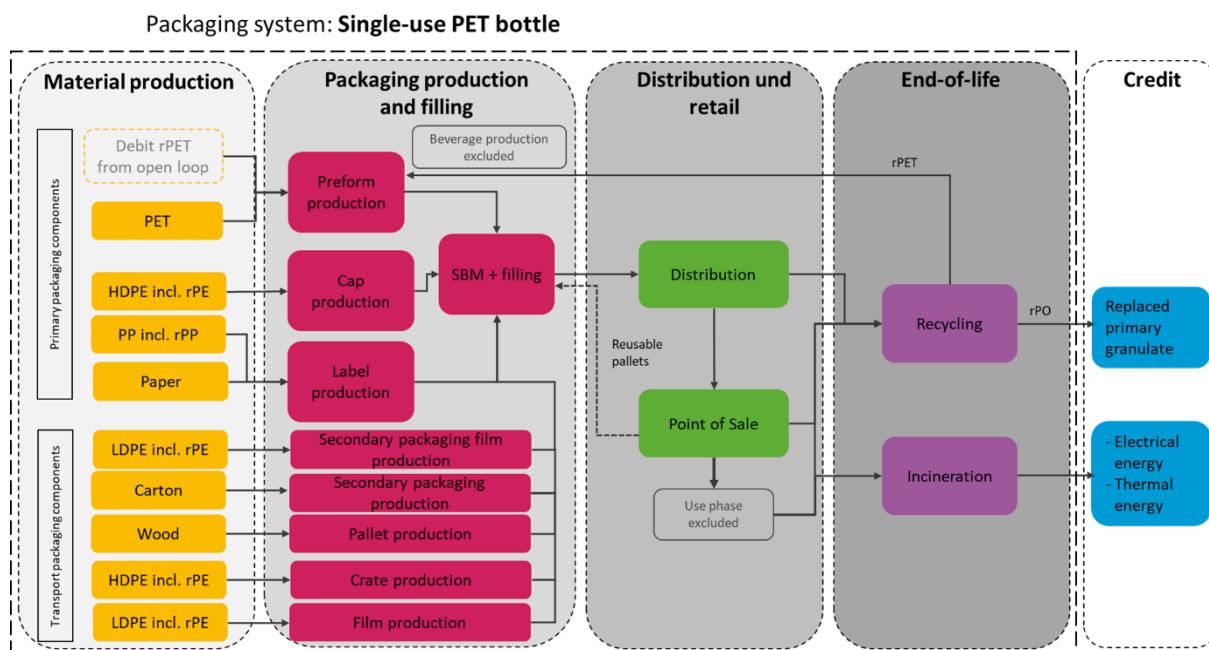
The data collected were transferred into the LCA model. The following system flow diagrams illustrate the system boundaries for the beverage packaging systems in scope, taking into account all packaging stages.

**Figure 2: System boundaries for aluminium cans**



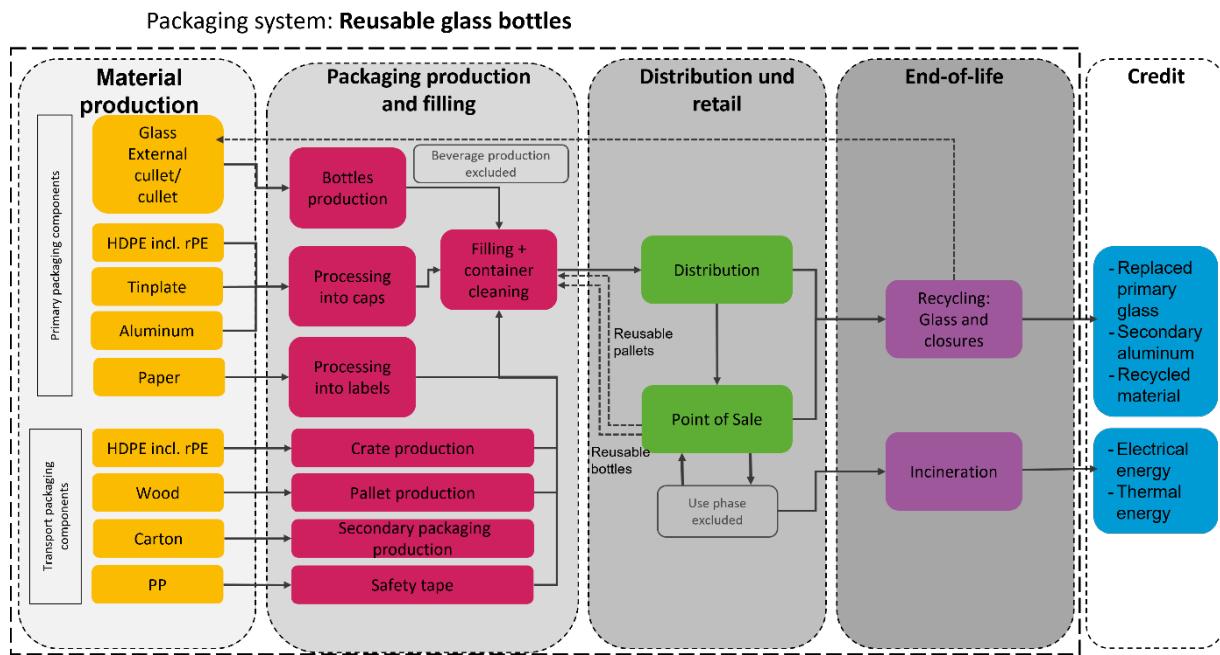
Source: Ökopol, ifeu

**Figure 3: System boundaries for single-use PET bottles**



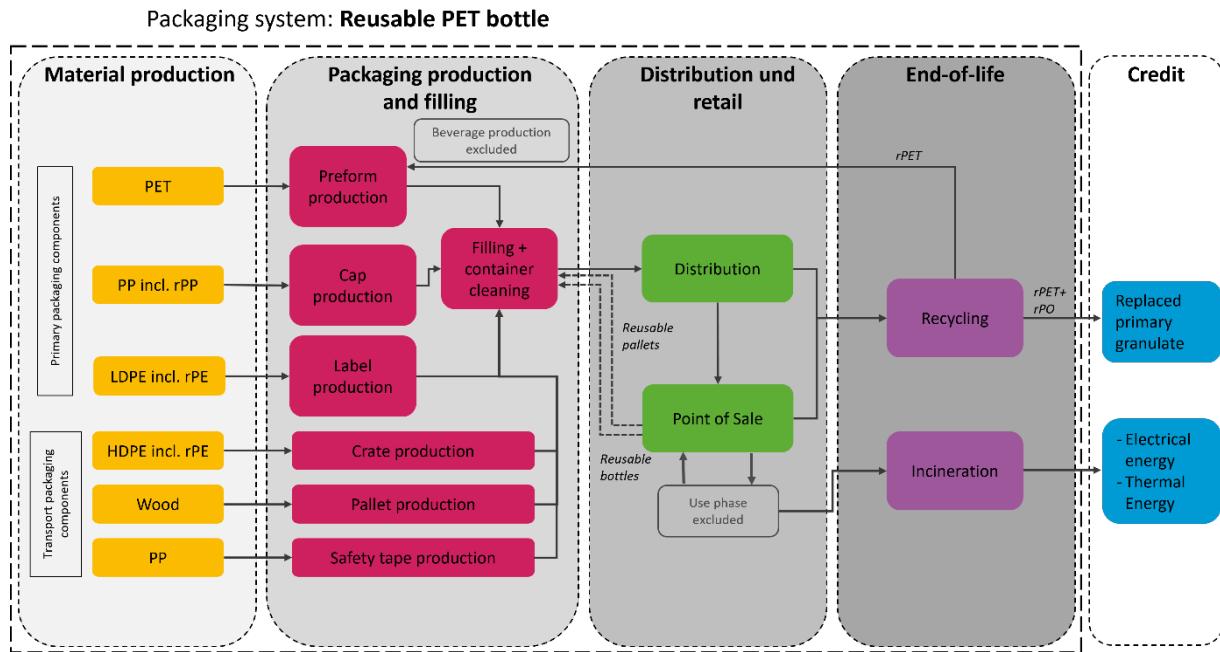
Source: Ökopol, ifeu

**Figure 4: System boundaries for reusable glass bottles**

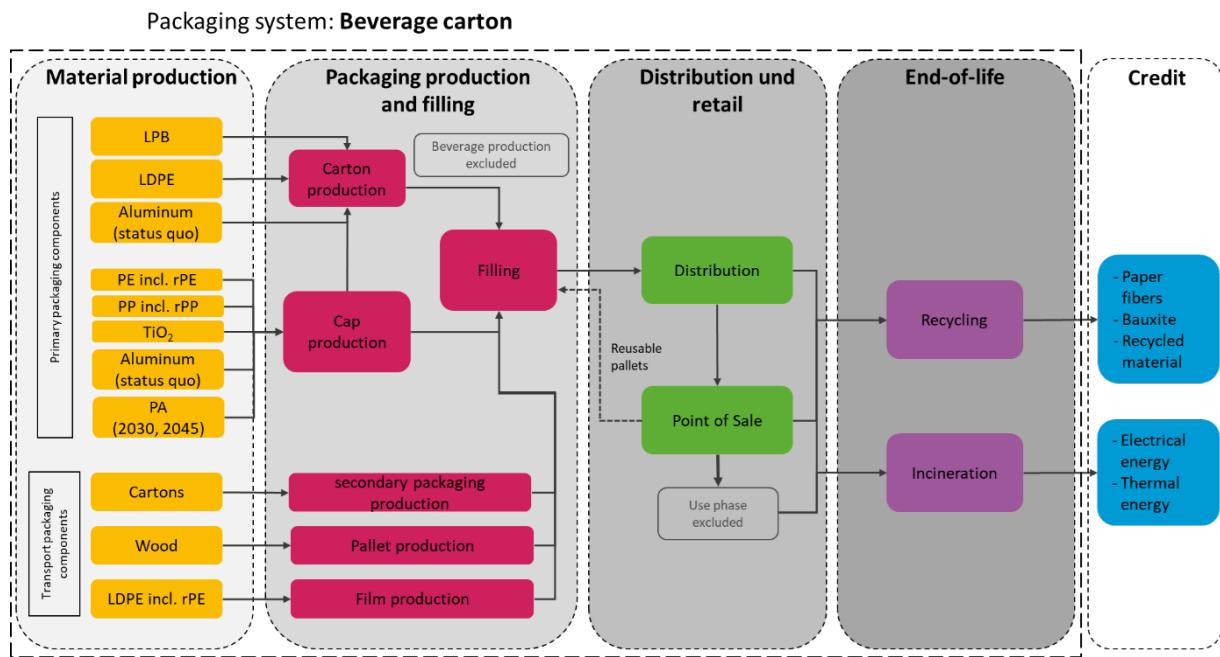


Source: Ökopoll, ifeu

**Figure 5: System boundaries for reusable PET bottles**



Source: Ökopoll, ifeu

**Figure 6: System boundaries for beverage carton**

Source: Ökopol, ifeu

### Evaluation of the results

On the basis of the life cycle inventory, five base scenarios were assessed to investigate the optimization potential for each of the 28 packaging systems considered:

- ▶ Packaging specifications status quo and background data status quo
- ▶ Packaging specifications status quo and background data 2030
- ▶ Packaging specifications 2030 and background data 2030
- ▶ Packaging specifications 2030 and background data 2045
- ▶ Packaging specifications 2045 and background data 2045

In total, this results in 140 base scenarios. These were supplemented by various variants and sensitivity analyses. In addition to a closer examination of the significance of the number of use cycles and transport distances of reusable systems in the prospective scenarios, as well as the use of bio-based material and secondary plastic derived from chemical recycling in the case of beverage cartons, the following supplementary considerations were shown separately:

- ▶ Results of the analysis of plastic emissions to the environment
- ▶ Results of the analysis of possible noise emissions
- ▶ Additional analysis taking into account the environmental impact of the drink packaged in the respective packaging

In the interpretation phase, the extensive results of the impact assessment were interpreted following an evaluation and interpretation strategy.

In order to determine the optimization potential of the various packaging groups and environmental impact categories, the individual time steps were compared with each other. The developments of the various environmental impacts for the packaging groups were then

presented using a seven-level scaling and colouring. To summarize the results within the evaluation, the packaging systems were also evaluated collectively as material-based groups. There are only minor differences within these packaging groups across beverage segments.

- ▶ Aluminium beverage cans
- ▶ Single-use PET bottles
- ▶ Reusable glass bottles
- ▶ Reusable PET bottles
- ▶ Beverage cartons

To derive recommendations for action, the most important model parameters were identified ("levers") for each packaging group as well as the optimization potential different actors have within the various packaging systems.

#### **LCA results: Plausibility and overarching trends**

The results of the LCA show:

- ▶ The direction of the results is similar for all the packaging systems studied.
- ▶ The results of the individual packaging systems within a packaging group are very similar.

The impact categories **Climate Change (GWP, fossil)** and **Cumulative Energy Demand (CED, fossil)** are used as main indicators to identify trends in the prospective scenarios as well as to test the plausibility of the results. These categories can be used to check whether the packaging systems meet the decarbonization and defossilization requirements defined in the GreenSupreme scenario of the RESCUE study. The results of the LCA show:

- ▶ By 2045, all packaging systems investigated in this study achieve at least > 90% reduction in GHG emissions.
- ▶ By 2045, all packaging systems investigated in this study achieve at least > 97 % reduction in CED-fossil.

Since all packaging systems thus achieve the decarbonization and defossilization target values, the results and used data sets can be considered plausible.

- ▶ Not all other impact categories shows the same strong trend. Besides a positive effect on air quality, there are signs of burden shifting due to decarbonization and defossilization in the direction of the use of natural resources such as mineral raw materials, land, biomass, and possibly also water and water quality. However, the results of the impact assessment are subject to high uncertainties, since a) the data basis is not consistent for all processes and b) the assessment models based on which the environmental impacts are calculated require considerable further development. This applies in particular to the weighting factors within the impact categories Cumulative Resource Consumption (CRC) and Land use as Distance from Nature Potential (NFP, herein referred to as "land use").

#### **LCA results: Internal and external optimization potential**

With regard to the studied optimizations, a distinction can be made between:

- ▶ The internal optimization potential: related to packaging-specific parameters (weight, use cycles, material composition, disposal routes, distribution, process data).

- ▶ The external optimization potential: results from changes in the external contextual conditions. These include, among others, changes in the energy mix and changes in the raw material feedstock.

In terms of internal optimization potential:

- ▶ For all the glass and PET packaging systems investigated, as well as for the beverage carton, the results show a reduction of approx. 20 % to 30 %, depending on the impact category.
- ▶ For the aluminium can, the internal optimization potential is somewhat lower, with reductions of 10 % to 15 %.
- ▶ The optimizations have a varying impact on the different life cycle stages of the packaging systems:
- ▶ For reusable glass and PET containers, the filling and cleaning of the containers is an important stage in their life cycle. Converting energy sources from oil and gas to electricity therefore offers high optimization potential for reusable containers.
- ▶ The results of single-use containers are essentially determined by the primary packaging weight and the secondary material content. Weight reduction, increasing the proportion of secondary material, and optimizing the ratio of filling volume to packaging material are therefore important internal levers. For beverage cartons, dispensing with aluminium foil in the composite also offers great potential for optimization.
- ▶ With regard to the external optimization potential, the results reveal the following:
- ▶ For all packaging systems, a significantly higher reduction due to external optimizations than internal optimization.
- ▶ Therefore, in the prospective scenarios, the progress of the energy transition towards the assumptions of the GreenSupreme scenario is the largest lever.
- ▶ The modelling of the future scenarios is based on the Ecoinvent database. The following limitations have to be considered when evaluating the optimizations:
- ▶ No inventory data for an electrically heated glass furnace is currently available in the Ecoinvent database. Therefore, no change in technology of the glass furnace is modelled for the future scenarios of glass reusable bottles (except for the replacement of fossil energy sources by renewable energy sources). As a result, the impacts for glass reusable bottles in 2045 are likely overestimated.
- ▶ Similarly, for the prospective scenarios of the beverage carton, no data set is available for LPB made from recycled fibers

#### LCA results: Packaging group-specific results and recommendations for aluminium beverage cans

Aluminium beverage cans show decreasing environmental impacts in most impact categories for both prospective scenarios (2030 and 2045).

Looking at the results, it is noticeable that **Aquatic Eutrophication Potential (EP<sub>aq</sub>)** increases significantly for 2045. The jump in the results of this category occurs during the transition from scenario 30-30 to scenario 30-45. It is therefore caused by changes in the external conditions. The sectoral evaluation of this category shows that the increase is entirely caused by the secondary- and transport packaging due to an increased use of recycled fibers, which leads to

higher direct wastewater emissions. As a result, EP<sub>aq</sub> shows a contrary trend to the improvements in most other categories.

**Water consumption** is increasing for the same reasons; however, not as much as EP<sub>aq</sub>. In the case of **land use**, the trend observed is also caused by the area required for renewable power generation. Since the electricity demand is higher when using recycled fibers than primary fibers, increasing the recycled content in secondary and transport packaging also plays a role here.

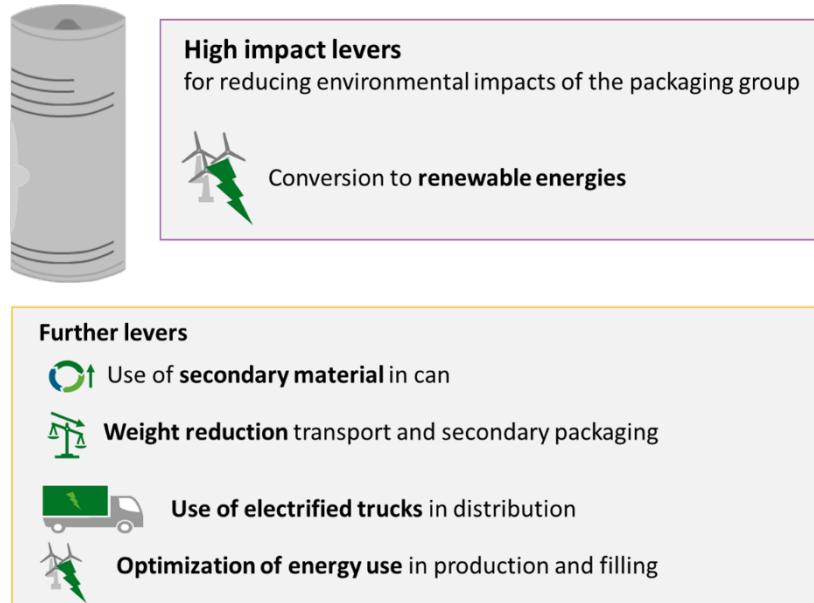
The **prioritized CRC** decreases only marginally in this packaging group. The reason for this is that the secondary content of aluminium in the baseline scenario is already relatively high at 79.3 % for the cap and can-body (further assumed increase to 94 % and 96 % respectively) and, in addition, a reduction in the total aluminium input for the beverage can is hardly possible from a technical point of view. Further reducing material would lead to instability of the packaging.

The potential for optimization through contextual conditions clearly outweighs the potential to further optimize the beverage can. In addition to the switch to renewable energies and the increase in energy efficiency in production and filling, the use of electrified trucks in distribution can also reduce the environmental impact in the long term.

Internally, an increase in the secondary content of aluminium to 96 % in the 2045 scenario still leads to recognizable reductions in environmental impacts despite the already high use of recycled aluminium. One aspect that needs to be examined more closely is the secondary- and transport packaging, which determines the remaining **GWP** in 2045. Optimizations appear feasible here, even if the corrugated board used has a rather low environmental impact (with possibly opposing developments in eutrophication and land use).

The following figure summarizes the **levers for the future optimization of the aluminium beverage can**:

**Figure 7: Levers to reduce the environmental impacts of aluminium beverage cans**



Source: Ökopol

Regarding the results of the aluminium beverage can, the following **limitations** need to be considered:

- A high proportion of secondary aluminium in the primary body is only possible if the supply of secondary aluminium suitable for the required alloys is sufficient. The market development of beverage cans is currently in a growth phase, so there is a possibility that a share of the input of secondary aluminium will have to be covered by imported scrap. However, this has no relevance in the long-term, because it can be assumed that the required infrastructure for a functioning closed-loop recycling will be established by 2045 and the beverage can will have reached a stable market level.

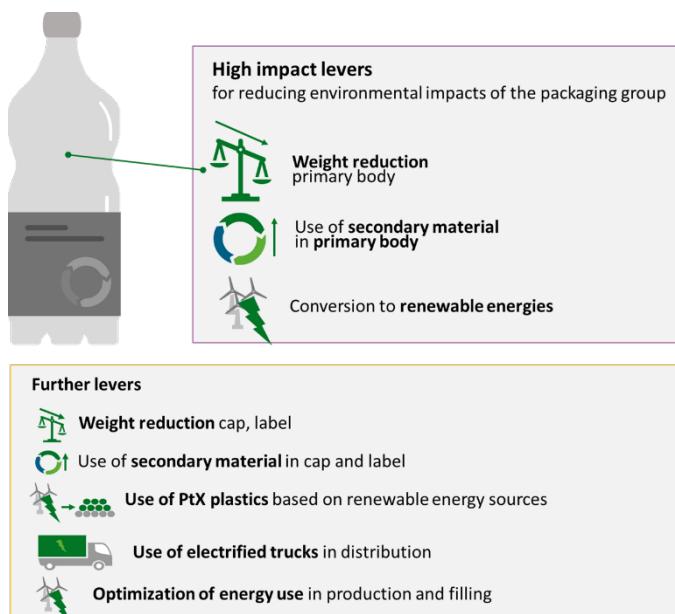
#### LCA results: Packaging group-specific developments and recommendations for single-use PET bottles

With the exception of land use, the average environmental impact of single-use PET bottles is declining across all investigated impact categories. The underlying changes for internal processes and external conditions are therefore suitable for implementing optimization potentials in this packaging group.

There are no noticeable shifts in the most important life cycle stages. The **manufacture of the primary packaging** remains the life cycle stage that determines the result, even when viewed prospectively. The biggest lever for optimization/reducing the environmental impacts continues to be the use of secondary materials and reducing the weight of the packaging/material use. The elimination of (primary) fossil raw materials as feedstock through the **use of recycled material reduces** the environmental impact of the packaging significantly.

The following figure summarizes the **levers for the future optimization of the single-use PET bottle**:

**Figure 8: Levers to reduce the environmental impacts of single-use PET bottles**



Source: Ökopol

Regarding the results of the single-use PET bottle, the following **limitations** need to be considered:

- The maximum share of secondary material is limited by the availability of recycled materials. Since material losses occur due to, e.g., recycling and manufacturing processes a full closed loop without the supply of primary material or import of recycled material is not feasible for the entire market.

- Advisory committee members noted that a significant amount of single-use plastic bottles (estimated at about 20 percent) are returned at gas stations, kiosks, or other retail outlets. Collection from such micro outlets would be uncompressed in plastic bags with relatively inefficient transport over long transport distances. If this leads to an underestimation of environmental impacts from the transport of empty single-use PET bottles, it also results in an underestimation of the respective optimization potential.

#### **LCA results: Packaging group-specific developments and recommendations for reusable glass bottles**

The glass reusable systems show optimization potentials for most impact categories in the prospective scenarios. The cancer risk potential (CRP) and land use deviate from this trend. The CRP shows a slight increase for 2030 and remains at this level in 2045. A detailed analysis of the optimization potentials shows that there is no further change in the 2045 scenario, since a slight deterioration due to external factors and a slight optimization due to internal aspects cancel each other out.

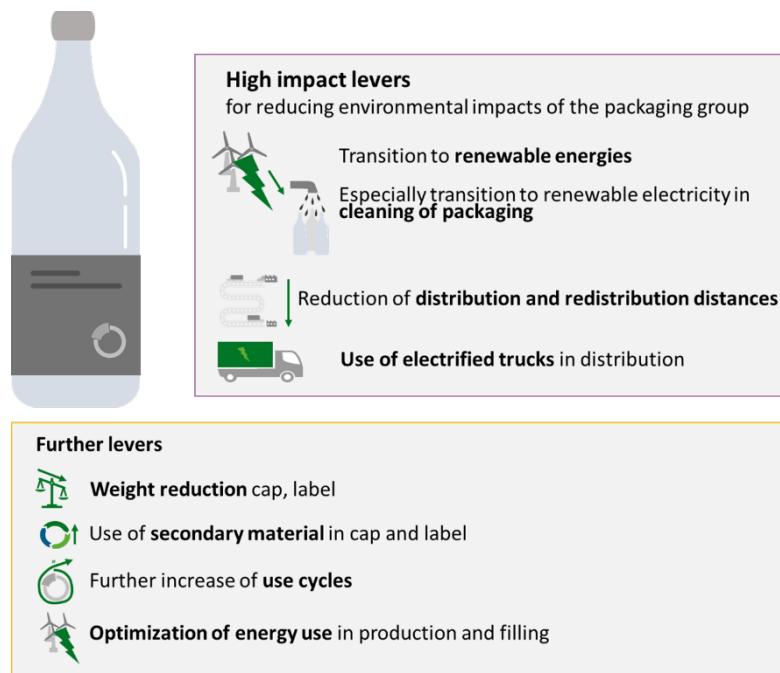
In glass reusable systems, the filling process remains the determining factor for environmental impacts over the life cycle, also prospectively.

In particular, **EP<sub>aq</sub>** and **water consumption** can only be slightly reduced by the changes investigated. While other impact categories are strongly dominated by energy production, the cleaning process is decisive for the eutrophication potential and water consumption.

The **single-use components**, i.e. caps and labels of the glass reusable systems, become more relevant with each circulation, as they are disposed of and renewed. The single-use components will therefore become more important in the future – also for further optimizations. In addition to increased use of recycled materials, conceivable optimizations could include the choice of materials for caps and labels, and possibly the development and use of reusable caps. In addition, it could be investigated whether the choice of glass colour can offer optimization opportunities.

The increasing importance of caps in particular shows that **conflicting objectives** can arise within the systems under consideration. One way of reducing the weight of the containers is to distribute the glass more evenly in the bottles, but this would generally require the use of the so-called press-blow process instead of the blow-blow process. Up to now, this has required larger neck finishes and, consequently, larger caps. Lighter containers may therefore conflict with the objective of reducing the impact of the caps.

The following figure summarizes the **levers for the future optimization of the reusable glass bottle**:

**Figure 9: Levers to reduce the environmental impacts of reusable glass bottles**

Source: Ökopol

Regarding the results of the reusable glass-bottle, the following **limitations** need to be considered:

- ▶ In the case of the reusable systems, no adjustments were made to the secondary and transport packaging. At this point, it can be assumed by analogy that a reduction in weight and an increase in the secondary material content would have a positive effect on the environmental profiles. Optimization potentials regarding secondary and transport packaging for reusable systems need to be investigated in future studies. If due to the energy transition the result-determining aspects shift increasingly from the filling and distribution towards the single-use components and secondary and transport packaging, this aspect will become increasingly relevant.
- ▶ The importance of weight reductions and increasing the secondary content in the primary body decreases as the number of bottles in circulation increases. However, particularly regarding distribution and redistribution transports, weight reduction of the relatively heavy reusable glass bottles remains an important factor.
- ▶ Some members of the advisory committee considered the assumed use cycles to be too low, while others considered them to be too high. However an alternative data basis was not provided. The influence of variations in the use cycles was examined in a sensitivity analysis. An increase in the number of returns improves the environmental performance; however, due to the further optimizations of the packaging as well as favourable conditions in the background system, the absolute significance of increasing the use cycles tends to decrease.
- ▶ Especially for the beverage segment of juices and nectars, the assumptions regarding transport distances were viewed critically (as too far) by various stakeholders. However, the statement and conclusion that a reduction in transport distances has the potential to reduce environmental impacts remains valid even against this background.

- Tethered caps were not investigated as a future optimization for reusable glass bottles. In analogy to the investigated single-use systems, a future use of tethered caps for reusable bottles would lead to a significant reduction of environmental impacts caused by littering.

#### **LCA results: Packaging group-specific developments and recommendations for the reusable PET bottles**

As with the glass reusable systems, the LCA results of the PET reusable system show optimization potential for most impact categories under the assumptions made prospectively. Apart from land use, the results for the PET reusable bottle show optimization potential for all impact categories for 2030 and more clearly for 2045.

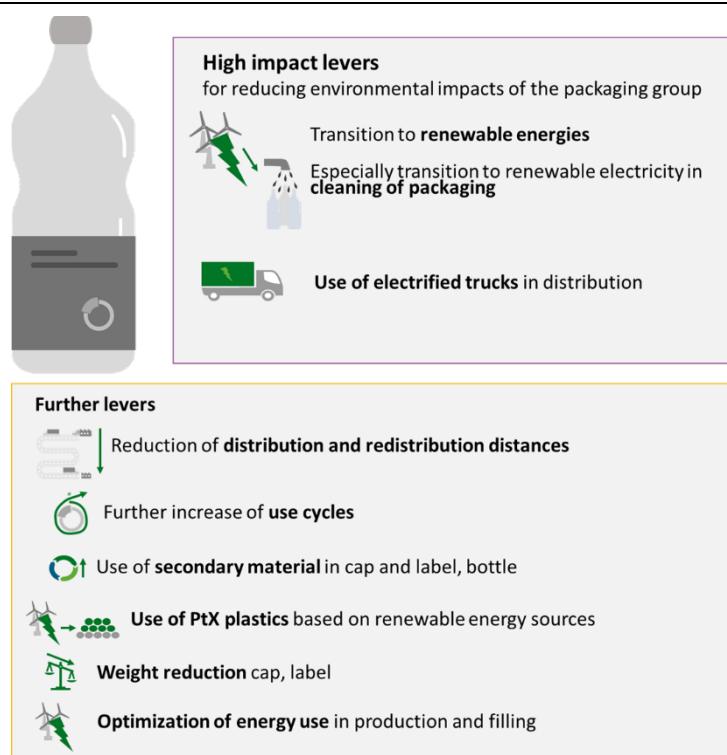
The largest internal lever for optimization is the change of energy demand of the container cleaning to electricity. The filling determines the climate impact (GWP fossil) in the baseline and 2030 scenarios. In the 2045 scenario the production of the cap and the label dominates the climate impact. Optimizations of these single-use components within the reusable system, such as increasing the use of secondary materials, weight reduction and the use of PtX plastics, contribute to reducing the environmental impact.

The optimization measures in distribution and re-distribution (reduction of distances, switch to electrified trucks) also lead to relevant reductions in environmental impacts.

The significance of the achieved use cycles remains high. In the long term (assuming implementation of the other optimization measures considered), the potential of higher use cycles to further decrease the environmental impacts per circulation decreases.

The following figure summarizes the **levers for the future optimization of the reusable PET bottle**:

**Figure 10: Levers to reduce the environmental impacts of reusable PET bottles**



Source: Ökopol

Regarding the results of the reusable PET bottles, the following limitations need to be considered:

- ▶ The increase in the use of secondary material in the reusable PET bottle from 25% in the baseline scenario to 40% in 2030 and 60% in 2045, is significantly lower than for single-use bottles (increase to 90% secondary material). If the use of secondary material is increased beyond 60%, a further reduction in the environmental impact of reusable PET bottles can be achieved.
- ▶ In the case of the reusable systems, no adjustments were made to the secondary and transport packaging. At this point, it can be assumed by analogy that a reduction in weight and an increase in the secondary material content would have a positive effect on the environmental profiles. Optimization potentials regarding secondary and transport packaging for reusable systems need to be investigated in future studies. If due to the energy transition the result-determining aspects shift increasingly from the filling and distribution towards the single-use components and secondary and transport packaging, this aspect will become increasingly relevant.
- ▶ Tethered caps were not investigated as a future optimization for reusable PET bottles. In analogy to the investigated single-use systems, a future use of tethered caps for reusable bottles would lead to a significant reduction of environmental impacts caused by littering.
- ▶ The importance of weight reductions and increasing the secondary content in the primary body decreases with an increasing use cycles. However, particularly regarding the energy efficiency of distribution and redistribution transports, weight reduction remains a relevant factor.

#### **LCA results: Packaging group-specific developments and recommendations for beverage cartons**

The prospective results for the packaging group beverage cartons show above-average deviations from the baseline scenario for some of the investigated impact categories. The results for the 45-45 scenario in the categories land use, EP<sub>aq</sub> and CRC are several 100 % higher than the reference scenario SQ-30. The category GWP (total), on the other hand, reaches negative values. Notable optimizations can only be observed in the categories CED (CED, non-renewable), GWP (fossil and total), water consumption and cancer risk potential (CRP).

The increase in **land use** is not a special feature of the beverage carton but can be seen in all the packaging systems investigated. In the case of beverage carton, however, there is an additional aspect, since it is the only system that uses renewable raw materials in the primary packaging (unprocessed carton board). Increasing the recycled content in paper products is generally accompanied by an increase in energy consumption. In the manufacture of primary paper products, waste alkalis are produced which are used for energy recovery within the process and thus provide part of the energy required for the papermaking process. When the recycled content is increased, more energy must therefore be obtained from external sources, which has an increasing effect on land use in the case of energy from renewable sources.

The results in the EP<sub>aq</sub> category are also influenced by the increased recycled content in the paper board. The cleaning processes in the manufacture of paper products from recovered paper result in higher quantities of contaminated wastewater than is the case in primary production. This effect can be seen in all packaging systems for secondary and transport packaging.

Regarding the very significant increase in the **CRC** by 2045, it can be observed that this results exclusively from the changes in the contextual conditions, while the internal changes in both prospective scenarios only lead to minor improvements.

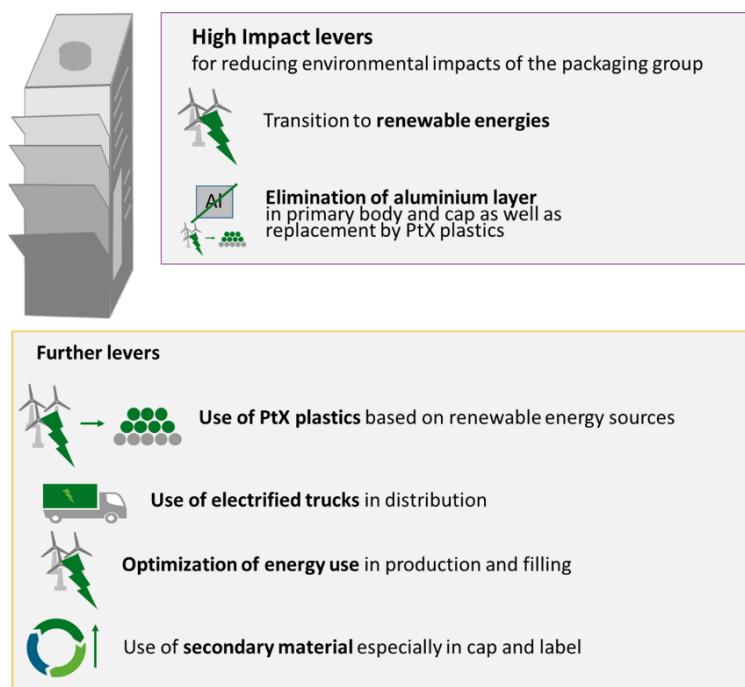
The results for the **global warming potential (fossil)** are determined in the status quo and in the 2030 scenario by the primary packaging production (aluminium, plastic and unprocessed cardboard) as well as recycling. The significant internal optimizations for the year 2030 result from the elimination of the aluminium layer in the composite as well as in the cap, which are replaced by PtX plastics (EVOH). Further potential savings result from increasing the use of secondary material in the cap and label, the use of PtX plastics in the packaging body and the use of electrified trucks in distribution.

The anomalies in the results of the **GWP (total)** arise mainly from the calculation methodology, in particular the combination of the calculated handling of incorporated carbon in the raw board portion and the 50% allocation at the end of the life cycle of the packaging systems.

As part of the **sensitivity analysis**, the influence of bio-based plastics and plastics from chemical recycling in the baseline scenario were investigated. Chemical recycling shows no significant advantages or disadvantages compared to the baseline scenario. Even though the share of secondary material is increased in this variant, the energy consumption for the chemical recycling of plastics is too high to achieve an improvement. The results for the variant with bio-based plastics show notable improvements compared to the baseline variant in the impact categories CRC, CED (non-renewable), GWP (total significantly more than fossil) and EP<sub>aq</sub>. Higher environmental impacts are not observed in any category. Based on the results of the life cycle assessment, the switch to bio-based plastics would therefore be a further internal optimization option for the beverage carton – at least in comparison to the status quo.

The following figure summarizes the **levers for the future optimization of the beverage carton**:

**Figure 11: Levers to reduce the environmental impacts of beverage cartons**



Source: Ökopol

Regarding the results of the beverage carton, the following limitations need to be considered:

- The allocation method used (50:50 allocation), combined with the approach to incorporated carbon in paper products, means that the carbon balance is not closed. This aspect must be

considered when evaluating the results. The validity of the data for the global warming potential (total) is limited.

- Members of the advisory committee were critical of the assumption that wood from sustainable forestry is used in the production of beverage cartons. On many beverage cartons, the so-called FSC-Mix label is used, indicating that at least 70 percent of the processed wood meets FSC criteria. However, the extent to which the use of wood from non-sustainable forestry would influence the LCA results remains unclear, as there is no corresponding data basis.

### **Overarching evaluation**

In general, all packaging systems exhibit reduction potentials across most impact categories, with the most significant reductions observed for the global warming potential and CED fossil. Also other impact categories based on airborne pollutants as well as the CRC show reductions, albeit to varying extents.

The summarized analysis shows that optimizations that reduce the material flow generally show a high potential for reducing the environmental impact of beverage packaging in all the environmental impact categories assessed. The calculated impact by the year 2045 is largely determined by the degree of optimization in the status quo.

Reduced primary and secondary material use result in lower environmental impacts associated with material production and supply. Lighter packaging further reduces energy consumption in production, transport, and disposal. Manufacturers are advised to minimize packaging weights, a goal that can be facilitated through policy incentives for material reduction. It's noteworthy that the beverage can and carton have limited potential for further primary body weight reduction, as determined during data collection.

Substituting (fossil) primary materials with secondary raw materials stands out as a significant optimization potential for all single-use packaging components. Effective use of secondary materials necessitates active management, requiring manufacturers to use these materials and recyclers to provide the respective qualities. Political frameworks supporting this development are essential. While aluminium beverage cans already have high recycled content, single-use PET bottles show substantial optimization potential.

In addition, material-side optimization potential lies in PtX plastics through primary material substitution. The shift to electricity-based feedstock in plastics production by 2045 significantly alters the environmental impacts of plastics. Companies, alongside political frameworks, play a crucial role in actively demanding and utilizing PtX plastics, especially for labels and caps.

In reusable systems, maintaining a high use cycles is crucial. As the use cycles of bottles increases, the need for new bottles decreases, reducing the environmental impact of container production. Manufacturers should focus on measures to stabilize and simplify bottle return.

The environmental impact of distribution remains relevant until 2030 for all investigated packaging groups, particularly when considering the beverages themselves. Significant emission reductions in distribution are anticipated only with complete electrification of transport by 2045. This underscores the potential of regional sourcing and minimizing transport distances in reducing environmental impact related to distribution.

## **Bericht zur Kritischen Prüfung (Critical Review)**

Der „Ökobilanziellen Analyse von Optimierungspotentialen bei Getränkeverpackungen“ von Fynn Hauschke et al., herausgegeben vom Umweltbundesamt Berlin (FZK 3721 31 302 00).

**Autor: Prof. Dr. Mario Schmidt** (Prüfer / Reviewer und Vorsitzender des Begleitkreises)

**Datum: 31. August 2023**

### **Zweck dieses Dokuments**

Dieses Dokument enthält den Bericht zur kritischen Prüfung gemäß der DIN EN ISO 14040:2006+A1:2020, DIN EN ISO 14044:2006 + A1:2018 + A2:2020 und DIN CEN ISO/TS 14071, der gleichbedeutend mit dem Schlussbericht des Begleitkreises zum Vorhaben ist.

### **Einleitung**

Die zu prüfende Ökobilanz (LCA) wurde von einem Konsortium (Ersteller) aus Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH (Hamburg) (federführend), ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH (Mainz) und dem Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes (Dessau-Roßlau) (Auftraggeber) erstellt. Die Ökobilanz wurde in der Zeit vom Oktober 2021 bis Juni 2023 erstellt.

Die Ökobilanz soll in Übereinstimmung mit den o.g. internationalen Normen ISO 14040 und 14044 sein. Dazu war auch eine Kritische Prüfung (critical review) vorgesehen.

„Die Kritische Prüfung ist ein Prozess zur Klärung, ob eine Ökobilanz die Anforderungen an die Methodik, Daten, Auswertung und Berichterstattung erfüllt und ob sie mit den Grundsätzen übereinstimmt. ... Eine Kritische Prüfung kann weder die für eine Ökobilanz vom Auftraggeber der Studie gewählten Ziele noch die Art und Weise der Anwendung der Ökobilanzergebnisse verifizieren oder validieren“ (Kap. 7.1 der ISO 14040).

Dieser Bericht prüft somit die formalen Anforderungen an eine Ökobilanz. Er bewertet aber nicht die Ergebnisse selbst; dies bleibt den Erstellern und dem Auftraggeber überlassen. Der Bericht wiederholt auch nicht die Ergebnisse oder Inhalte des Abschlussberichtes zur Ökobilanz. Diese sind bereits ausführlich dokumentiert.

Gemäß Auftrag sollte die Kritische Prüfung durch einen Ausschuss der interessierten Kreise (Kap. der ISO 14040) und begleitend (4.3.4 der ISO TR 14071) zur Erstellung der Ökobilanz erfolgen. Dazu wurde ein Begleitkreis eingerichtet (s.u.), dessen Vorsitzender der Autor dieses Berichts ist.

Dieser Bericht ist unveränderlicher Bestandteil des Abschlussberichts der Ersteller an den Auftraggeber. Gemäß 6.4 Abs. 3 der ISO 14044 müssen der Bericht sowie Stellungnahmen der Sachverständigen und alle Reaktionen auf Empfehlungen des Gutachters oder des Ausschusses in den Bericht über die Ökobilanz aufgenommen werden.

### **Organisation und Dokumentation**

Die kritische Prüfung zum Vorhaben wurde vom Autor dieses Berichts am 16. Mai 2021 dem Konsortium angeboten und im August 2021 angenommen. Sie umfasst die Teilnahme und den Vorsitz eines Begleitkreises sowie dessen Schlussberichts, der hiermit vorliegt.

Zum Begleitkreis wurde über 30 Organisationen aus den Bereichen der Umwelt- und Verbraucherverbände, dem Handel, den Herstellern und Abfüller, der Recycling- und Entsorgungswirtschaft sowie der Industrieverbände eingeladen (siehe Abschlussbericht Kap. 1.4), die auch in ähnlich großer Zahl und weitgehend regelmäßig an den gemeinsamen Sitzungen teilgenommen haben. Insgesamt fanden sechs halbtägige Online-Treffen des Begleitkreises

zusammen mit den Erstellern und dem Auftraggeber statt: 18. Okt. 2021, 9. Dez. 2021, 25. April 2022, 30. Mai 2022, 9. Nov. 2022 und 20. Juni 2023.

Dazu kamen noch weitere Termine am 16. Mai 2022 und am 29. Sept. 2022 für Spezialthemen. Die Treffen wurden durch entsprechende Protokolle dokumentiert.

Die Aufgabenstellungen des Begleitkreises und einer Kritischen Prüfung entsprechend der ISO-Normen sind weitgehend kongruent, weichen allerdings in einigen Punkten ab. In den Treffen des Begleitkreises wurden Ziel und Rahmensetzung, Annahmen, Daten und Auswertung der Ökobilanz intensiv diskutiert. Dies wurde während der Projektlaufzeit flankiert durch schriftliche Stellungnahmen, die in Kap. 1.4 des Abschlussberichtes aufgelistet sind und deren Anregungen auch weitgehend in die Arbeit der Ersteller eingeflossen sind. Die Mitglieder des Begleitkreises hatten die Möglichkeit, aus ihrem Erfahrungsbereich Annahmen und Daten entsprechend zu ergänzen oder zu korrigieren. Die Validierung der Daten war jedoch nicht Aufgabe des Begleitkreises. Die Verantwortung für die Validierung und Plausibilisierung der Daten lag bei dem Konsortium der Auftragnehmer (siehe Protokoll der zweiten Sitzung des Begleitkreises). Im Begleitkreis wurde diskutiert, inwieweit eine unabhängige Überprüfung der Berechnungen bzw. der Rechenmodelle erfolgen kann. Diese wurde schließlich vom Vorsitzenden des Begleitkreises stichprobenartig durchgeführt (s.u.), der damit die Kritische Prüfung in Gänze verantwortet und Critical Reviewer dieser Ökobilanz ist. Die Expertise der Mitglieder des Begleitkreises findet seinen Niederschlag in den abschließenden Stellungnahmen (s.u.), die als Anhang zu diesem Bericht vollumfänglich dokumentiert werden.

Am 6. Juni 2023 wurde dem Begleitkreis der Entwurf des Abschlussberichts mit der Datei [Abschlussbericht\\_UBA-Oekobilanzen\\_FKZ\\_3721\\_31\\_302\\_Stand\\_6-6-23\\_Entwurfsfassung.pdf](#) elektronisch zur Verfügung gestellt. Der Entwurf enthält 596 Seiten. Dazu kamen am 7. Juli 2023 noch ein Anhang mit den absoluten Ergebnissen der Analysen mit weiteren 99 Seiten. Die Mitglieder des Begleitkreises hatten die Möglichkeit, abschließende Stellungnahmen zu der Entwurfsfassung und zu dem Anhang bis zum 23. Juni 2023 bzw. 4. Aug. 2023 einzureichen.

Folgende Stellungnahmen aus dem Kreis des Begleitkreises erfolgten zum Entwurf des Abschlussberichtes:

- I. Aluminium Deutschland e.V. (23. Juni 2023)
- II. Wafg Wirtschaftsvereinigung Alkoholfreie Getränke e.V. (23. Juni 2023)
- III. Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V. (23. Juni 2023)
- IV. Forum Getränkendose (23. Juni 2023)
- V. Gemeinsame Erklärung von Forum Getränkendose, Aluminium Deutschland e.V., Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V., Bundesverband Glasindustrie e.V., thyssenkrupp Rasselstein GmbH (23. Juni 2023)
- VI. BGVZ Bund der Getränkeverpackungen der Zukunft (23. Juni 2023)
- VII. Gemeinsame Stellungnahme der Deutsche Umwelthilfe, Stiftung Initiative Mehrweg, Bundesverband des Deutschen Getränkefachgroßhandels e.V., PRO MEHRWEG – Verband zur Förderung von Mehrwegverpackungen e.V., Verband Private Brauereien Deutschland e.V., Verbandes des Deutschen Getränke-Einzelhandels (23. Juni 2023)
- VIII. Forum PET in der IK Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V. (23. Juni 2023)
- IX. ALPLA Werke Lehner GmbH & Co KG (ohne Datum, erhalten am 4. Juli 2023)
- X. Gemeinsame Erklärung von Aluminium Deutschland e.V., Bund Getränkeverpackungen der Zukunft, Bundesverband Glasindustrie e.V., Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V., Forum Getränkendose, thyssenkrupp Rasselstein GmbH (3. Aug. 2023)
- XI. Wafg Wirtschaftsvereinigung Alkoholfreie Getränke e.V. (4. Aug. 023)

Diese Stellungnahmen sind im Anhang dokumentiert.

### **Zusammenfassung der Kommentare der Mitglieder des Begleitkreises**

Die schriftlichen Stellungnahmen befassen sich teilweise mit Details zu verschiedenen Produktsystemen bzw. Systemparametern (siehe Anhang), zu denen die Ersteller der Ökobilanz eine Synopse (ebenfalls im Anhang) mit Kommentaren bzgl. der Berücksichtigung in einer überarbeiteten Fassung des Abschlussberichts reagiert haben. Diese Fassung liegt mit der Datei

Abschlussbericht\_UBA-Oekobilanzen\_FKZ 3721 31 302\_Stand 30082023.docx

vom 30. Aug. 2023 vor.

Gemeinsam ist den Stellungnahmen die Kritik an der Veröffentlichung absoluter Ergebnisse, die einen Vergleich verschiedener Produktsysteme ermöglicht, was nicht konform zu den ursprünglichen Zielen der Ökobilanz – der Analyse der Optimierungspotenziale einzelner Produktsysteme und keines Vergleichs sei. Auf diesen Punkt wird später noch eingegangen. Lediglich ein Mitglied des Begleitkreises sprach sich – mündlich im 6. Begleitkreistreffen – für eine Veröffentlichung aus.

Ebenfalls unisono waren die Vorbehalte gegenüber der Verwendung der Hintergrunddaten aus dem GreenSupreme-Szenario der RESCUE-Studie des Umweltbundesamtes. Es wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass es sich hierbei um ein Szenario – also um eine „Was wäre wenn“-Betrachtung – und nicht um eine Prognose handelt. Auf diesen Punkt wird auch noch eingegangen.

### **Prüfkriterien der Kritischen Prüfung**

Geprüft wurde nach den in Kap. 6.1 der Norm ISO 14044 vorgegebenen Kriterien, ob

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

### **Ergebnisse der kritischen Prüfung**

#### *Übereinstimmung mit der Norm*

Die Wahl der funktionellen Einheit sowie der Systemgrenzen der verschiedenen Verpackungssysteme erfolgte sachgerecht und in langer Tradition anderer Ökobilanzen für Getränkeverpackungen bzw. der sogenannten Mindestanforderungen des Umweltbundesamtes (UBA-Texte 19/2016). Dabei wurden Rohstoffgewinnung, Herstellung, Transporte und Recycling bzw. Entsorgung entsprechend dem Stand von Wissen und Technik berücksichtigt. Es wurden die relevanten Energie- und Stoffflüsse unter Anwendung geeigneter Abschneide-Kriterien erfasst. Auch bei den Allokationen in Recyclingsystemen wurde mit der 50:50-Regel auf den „Basisfall“ der UBA-Mindestanforderungen Bezug genommen. Schließlich wurden im Bereich der Unsicherheits- und Sensitivitätsanalysen mit zahlreichen Parameter-Variationen und Sensitivitäten gerechnet und deren Relevanz aufgezeigt. Dies ermöglicht auch, den Einfluss von Parameterschwankungen zu erkennen, wenn die Datenlage nicht

eindeutig war oder von Mitgliedern des Begleitkreises in Einzelfällen in Zweifel gezogen wurde. Diese Vielfalt an Ergebnissen und ihre Transparenz kann als einzigartig und vorbildlich bezeichnet werden. Sie hilft entscheidend bei der Bewertung der Ergebnisse und lässt auch die Grenzen der Belastbarkeit der Ergebnisse erkennen.

Bei der Wirkungsabschätzung wurden nicht nur die standardmäßigen Wirkungskategorien erläutert und berücksichtigt, sondern es wurde mit den Themen Lärmemissionen und Naturfernepotenzial auch versucht, neue Bereiche zu erschließen. In Hinblick auf eine zukünftige Verschiebung ökologischer Prioritäten steht dieses Vorgehen absolut im Einklang mit der Forderung der ISO 14044 (4.4.2.2.1).

Insgesamt kommt der Reviewer zu dem Schluss, dass die der Ökobilanz zugrunde gelegten Methoden und Modelle sowie Grundsätze mit den Normen ISO 14040 und 14044 übereinstimmen und die Mindestanforderungen des UBA angemessen berücksichtigt wurden.

#### *Stand von Wissenschaft und Technik*

Die Ökobilanz ist als attributionale und prospektive LCA angelegt. Ihr Ziel ist es, die zukünftigen Optimierungspotenziale für verschiedene Produktsysteme aufzuzeigen. Dies ist eine große Herausforderung einerseits für die Datenlage der jeweiligen Produktsysteme, andererseits für die Rahmenannahmen bzw. Hintergrunddaten. Dazu kommt die prinzipielle Frage, ob attributionale LCA für solche prospektiven LCA (zum Jahr 2030 und 2045) überhaupt geeignet sind. Eine einheitliche Meinung dazu gibt es in der Wissenschaft (noch) nicht, abgesehen davon, dass sich das Datenproblem derzeit kaum lösen ließe. So liegen z.B. in den gebräuchlichen LCA-Datenbanken praktisch keine prospektiven Datensätze vor.

Die Ersteller der Ökobilanz haben dieses Problem – in Einklang mit den Zielvorgaben des Auftraggebers – durch Verwendung von bereits erstellten Zukunftsszenarien für die Hintergrunddaten gelöst. Dazu wurde aus der RESCUE-Studie des UBA (Climate Change 36/2019) das Szenario GreenSupreme ausgewählt. Die Begründung für dieses Szenario ist, dass es das einzige Szenario ist, das den erforderlichen Anstrengungen zur Minderung der THG-Emissionen, die vom IPCC (2021) für einen 1,5°C-Pfad errechnet wurden, gerecht wird. Es handelt sich also um eine normative Vorgabe. Es wird aber darauf hingewiesen, dass in diesem Szenario sehr ambitionierte Veränderungen nicht nur in Deutschland, sondern auch im Rest der Welt unterstellt werden. Dies wirft die Frage auf, wie realistisch diese Annahmen sind. Diese Frage kann letztendlich aber nicht seriös beantwortet werden. Alle Ergebnisse der vorliegenden Ökobilanz unterliegen damit dem Vorbehalt, dass die Annahmen dieses Szenarios

für die Zukunft zutreffen, also die politisch vorgegebenen Minderungsziele bei den THG-Emissionen und eine Reduzierung des Ressourcenverbrauchs erreicht werden. Trotzdem zeigen die Ergebnisse auf, wo und in welcher relativen Höhe mit weiteren Maßnahmen, etwa Veränderungen von Systemparametern (Gewichten, Umlaufzahlen, Rezyklatraten, Transportentfernungen etc.) Optimierungspotenziale bestehen. Sie werden als *interne* Optimierungspotenziale beschrieben.

Die Ersteller der Ökobilanz weisen darauf hin, dass von den Hintergrunddaten nur Prozesse 2. Ordnung wie z.B. der Strommix oder die Transporte betroffen sind und nicht die unmittelbaren Systemparameter der Produktsysteme. Jedoch zeigen die Ergebnisse der Ökobilanz, dass genau diese Prozesse 2. Ordnung den entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung der meisten Wirkungskategorien haben. Sie werden als externe Optimierungspotenziale beschrieben.

Unklar bleibt, welchen Einfluss auf das Ergebnis jene Annahmen des RESCUE-Szenarios haben, die z.B. die Energie- oder Materialeffizienz der Industrie oder der Verbraucher betreffen. In der Ökobilanz sind diese Maßnahmen als interne Optimierungspotenziale ausgewiesen. Es kann nicht vollständig

ausgeschlossen werden, dass es hier Doppelzählungen gibt, d.h. dass solche Maßnahmen auch bereits in den externen Optimierungspotenzialen implizit enthalten sind. Dies ist ein methodisches Problem, dass sich nicht ohne weiteres auflösen lässt.

#### *Daten und Rechenmodell*

Eine Vor-Ort-Überprüfung der Rechenmodelle wurde durch den Autor dieses Berichts am 25. Mai und 2. Juni 2023 beim ifeu-Institut in Heidelberg vorgenommen. Das ifeu-Institut stellte alle Daten und Modelle zur Verfügung. Sie lagen überwiegend in Form von Excel-Tabellen und Umberto®-Modellen vor. Aufgrund des Umfanges des Materials wurde die Überprüfung stichprobenartig vorgenommen.

Im Mittelpunkt der Berechnungen steht ein Energie- und Stoffstrommodell, dass mit der Software Umberto® in der Version 5.6 erstellt wurde. Das Modell wurde bereits für andere Ökobilanzen aus dem Getränkeverpackungsbereich verwendet, mehrfach geprüft und für die vorliegende Ökobilanz entsprechend angepasst. Die Eingabe von Parametern zu den verschiedenen Produktsystemen erfolgt mittels einer komplexen Verwaltung von Exceltabellen, entsprechenden VB-Skripten und des sogenannten Inputmonitors, der eine direkte Verknüpfung zu dem Energie- und Stoffstrommodell in der Umberto®-Software herstellt. Im Modell selbst sind entsprechende methodische Festlegungen, technische Prozesse und Systemgrenzen hinterlegt. Dazu werden teilweise technische Daten verschiedener Quellen, z.B. von verschiedenen Branchenverbänden, Herstellern oder auch aus der LCA- Datenbank EcoInvent verwendet. Bei EcoInvent wurde aus Gründen der Kompatibilität zu dem Projekt REFINE die Version 3.7.1. verwendet. Wichtige Rahmenannahmen aus dem GreenSupreme-Szenario der RESCUE-Studie wurden entweder direkt in dem Umberto®-Modell oder für den Transportbereich indirekt über ein eigenes Modell (DistMod) eingespeist.

In dem Modell wird neben der Sachbilanz auch die Wirkungsabschätzung berechnet. Die Ergebnisse werden über eine Schnittstelle in Excel-Tabellen abgespeichert und als Ergebnisse zusammengefasst und ausgewertet. Aufgrund der Vielzahl der Modellvarianten sind diese Prozesse mit Skripten weitgehend automatisiert.

Folgende Punkte sind bei der Überprüfung von Relevanz:

- grundsätzlicher Aufbau des Umberto®-Modells hinsichtlich der Systemgrenzen und der berücksichtigten techn. Prozesse
- Dateneingabe, insbesondere von Parametern und anderen Annahmen
- Systematik des Daten-Handlings, insbesondere aufgrund der hohen Variantenzahl

Das Qualitätsmanagement am IFEU beruht im Wesentlichen auf einem Vier-Augen-Prinzip bei Modellierung und Dateneingabe sowie auf Plausibilitätsprüfungen. Die Überprüfung des Modells durch Externe ist allerdings eine Herausforderung und kann nur mit umfangreicher Sachkenntnis und großem Zeiteinsatz erfolgen. Dies hängt zum Einen an den gewachsenen Strukturen des komplexen Modells und einer ungewöhnlich alten Version der verwendeten LCA-Software, und zum Anderen an der hohen Automatisierung des Daten-Handlings, die sich nur schwer im Einzelnen überprüfen lässt. Trotzdem wurde im Rahmen der Kritischen Prüfung das Modell und die Daten stichprobenartig überprüft. Ungereimtheiten, die seitens des Prüfers festgestellt wurden, konnten von dem IFEU-Team in kürzester Zeit und vollumfänglich aufgelöst werden. Es wurden somit keine Fehler im Modell festgestellt.

Insgesamt kann an dieser Stelle empfohlen werden, das Modell, soll es weiter für Ökobilanzen eingesetzt werden, neu aufzusetzen, aktuellere Software zu verwenden und das Daten-Handling zu vereinfachen.

## *Einschränkungen und Zielkonformität*

Wie der Vertreter des damaligen Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit beim ersten Begleitkreistreffen hervorhob, war es „nicht das Ziel, eine weitere vergleichende Ökobilanz zu erstellen“. Zwar war zunächst die Idee, eine aktuelle, statische und vergleichende Ökobilanz für Getränkeverpackungen zu erstellen. Aufgrund der eingeschränkten Aussagekraft einer solchen Ökobilanz sowie des erforderlichen Mittel- und Zeitbedarfs wurde jedoch „das neue Ziel formuliert, zu ermitteln, wie sich Getränkeverpackungssysteme ökobilanziell prospektiv entwickeln können – unter sich ändernden Rahmenbedingungen sowie in Abhängigkeit der Hebung von verpackungsspezifischen Optimierungspotenzialen“ (Zitat aus dem Protokoll des ersten Begleitkreistreffens).

Seitens des Umweltbundesamtes wurde das Ziel der Studie wie folgt zusammengefasst: „Die zukünftigen Perspektiven verschiedener Verpackungssysteme sollen auf Grundlage einer zukunftsgewandten ökobilanziellen Betrachtung ermittelt werden, wobei

- die absehbaren Veränderungen der Rahmenbedingungen berücksichtigt werden,
- mögliche Optimierungspotentiale identifiziert werden,
- ggf. zusätzliche, bisher nicht in der Methode der Ökobilanzierung berücksichtigte Umweltwirkungen betrachtet werden und
- die derzeitigen Mindestanforderungen für Ökobilanzen von Getränkeverpackungen insofern berücksichtigt werden, als nur die Mindestanforderungen umgesetzt werden, die für eine prospektive Ökobilanzstudie anwendbar sind.“

Dazu kam der Auftrag, Handlungsempfehlungen für Verpackungssysteme mit möglichst geringen Umweltbelastungen auszuarbeiten und in Form von Handreichungen für Hersteller, Handel und Verbraucher\*innen bereitzustellen.

Diese Ziele werden mit der vorliegenden Ökobilanz vollumfänglich erfüllt.

In den Diskussionen mit dem Begleitkreis sowie in dem Abschlussbericht und den Stellungnahmen dazu wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass zwar die Optimierungspotenziale innerhalb eines Produktsystems, also einer Verpackungsgruppe, aufgezeigt werden kann, nicht aber ein Vergleich zwischen verschiedenen Produktsystemen, also unterschiedlichen Verpackungen, sinnvoll ist. Dies führte zu dem Ansatz der Ersteller, die Ergebnisse nur *relativ* innerhalb einer Verpackungsgruppe für die verschiedenen Bezugsjahre zu dokumentieren und hierbei noch zwischen interner und externer

Optimierung zu unterscheiden. Dies stünde auch im Einklang mit der o.g. Zielsetzung des Auftraggebers, die Optimierungspotenziale und die entscheidenden Handlungsoptionen aufzuzeigen.

Diese Sichtweise wurde auch von einem Großteil der Mitglieder des Begleitkreises einschließlich des Vorsitzenden geteilt. Es bestand die Sorge, dass absolute Ergebnisse in der Öffentlichkeit für Partikularinteressen missbraucht würden. Der Auftraggeber bestand allerdings auf einer Veröffentlichung auch der *absoluten* Ergebnisse der verschiedenen Wirkungskategorien für die Produktsysteme. Der Grund dafür war u.a. die Möglichkeit zu erkennen, wo absolut gesehen die größten Optimierungspotenziale liegen und welche Empfehlungen man Verbrauchern geben kann. Das führte zu der Dokumentation der absoluten Ergebnisse in einem Anhang der Studie – entgegen der Empfehlungen der Ersteller der Studie, der Mehrheit des Begleitkreises und des Reviewers. Bei Veröffentlichung dieser Daten wäre nun theoretisch auch ein Vergleich der Ergebnisse zwischen verschiedenen Produktsystemen möglich, was aber aufgrund der Datenlage wissenschaftlich nicht

belastbar ist. Dies kann zu Fehlinterpretationen in der Öffentlichkeit führen. Hier ergibt sich der Zielkonflikt einer maximalen Transparenz der Rechenergebnisse mit der Fehlinterpretation der Ergebnisse. Aus Sicht des Reviewers wird von einer Veröffentlichung und weiteren Verwendung des Anhangs deshalb abgeraten.

#### *Transparenz*

Die Projektdurchführung mit ihren Zwischenberichten, Informationen des Begleitkreises, Diskussionen und ggf. Korrekturen von Parametern und schließlich mit dem Entwurf des Abschlussberichts hat maximale Transparenz hergestellt. Alle Daten, Modelle und Analysen wurden für eine externe Prüfung bereitgestellt. Aus Aufwandsgründen war eine Prüfung durch ein 30-köpfiges Gremium nicht möglich, sie wurde aber durch den Vorsitzenden des Gremiums und Reviewer vorgenommen. Die Dokumentation ist mit ihren fast 700 Seiten sehr umfanglich und genügt höchsten Ansprüchen. Dazu zählen anschauliche Grafiken und Tabellen wie auch in Kap. 6 „Auswertung“ die kurzen Zusammenfassungen der „Stellschrauben zur zukünftigen Optimierung“ der verschiedenen Verpackungsgruppen. Etwas gewöhnungsbedürftig sind in Kap. 6 die Übersichten der Entwicklung der verschiedenen Verpackungsgruppen. Hier wäre noch eine detailliertere Erläuterung sinnvoll. Die umstrittene Bereitstellung der absoluten Ergebnisse der Wirkungsanalyse komplettiert die Transparenz dieser Ökobilanz.

#### **Fazit**

Nach einem umfangreichen Begleitprozess mit zahlreichen Mitgliedern interessierter Kreise und einer eingehenden Prüfung bestätigt der Reviewer und Vorsitzende des Begleitkreises, dass die vorliegende Ökobilanz den Anforderungen der internationalen Normen ISO 14040 und 14044 entspricht.

31. August 2023  
  
Prof. Dr. Mario Schmidt

## 1 Einführung

Diese ökobilanzielle Studie ermittelt zukunftsgewandt die Perspektiven unterschiedlicher Verpackungssysteme für die Getränkesegmente Bier, Erfrischungsgetränke, Wasser und Säfte/Nektare bei absehbaren Veränderungen der Rahmenbedingungen sowie bei Ausschöpfen möglicher Optimierungspotenziale der Verpackungssysteme. Der zeitliche Fokus liegt dabei auf bis 2030 absehbaren Entwicklungen, ergänzend wird das Jahr 2045 betrachtet.

### 1.1 Gründe für die Durchführung der Studie

Die ehemaligen Koalitionsparteien der 19. Legislaturperiode (Union und SPD) waren ursprünglich mit der Idee an das UBA/BMU herangetreten, eine aktuelle und vergleichende Ökobilanz für Getränkeverpackungen zu erstellen. In Abstimmung zwischen den Koalitionsparteien und UBA/BMU wurde daraufhin gemeinsam das Ziel formuliert, zu ermitteln, wie sich Getränkeverpackungssysteme für die Getränkesegmente Bier, Erfrischungsgetränke und Wasser ökobilanziell prospektiv entwickeln können – unter sich ändernden Rahmenbedingungen sowie in Abhängigkeit von der Hebung von Optimierungspotenzialen. Im Projektverlauf wurde auf Bitte der Vertreter\*innen des speziell für die Studie eingerichteten Begleitkreises das Getränkesegment Säfte und Nektare in die Betrachtung mit aufgenommen.

Durch die prospektive Betrachtung sollte sichergestellt werden, dass die Ergebnisse zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nicht schon überholt sind und Entwicklungen angestoßen werden können, die auch in einigen Jahren (unter veränderten Rahmenbedingungen) noch in die gewünschte Richtung gehen. Dies beinhaltet die Berücksichtigung von Veränderungen sowohl der Verpackungssysteme (bspw. in Bezug auf Materialeinsatz, Verwertungssituation und Umlaufzahlen) als auch der Rahmenbedingungen (bspw. der Energieversorgung).

Der zeitliche Fokus der Optimierungspotenziale wurde seitens der Auftraggebenden auf die sicher bis 2030 absehbaren Entwicklungen festgelegt. Die Optimierungspotenziale sollten laut Leistungsbeschreibung für die Rahmenbedingungen 2030 und 2050 (dekarbonisierte und weitgehend defossilierte Wirtschaft) berechnet werden. Da sich die Bundesregierung im Projektverlauf ambitioniertere zeitliche Ziele gesetzt hatte, wurde das ursprünglich als 2050 bezeichnete Szenario fortan als 2045 bezeichnet.

### 1.2 Auftraggeber und Ersteller der Ökobilanz

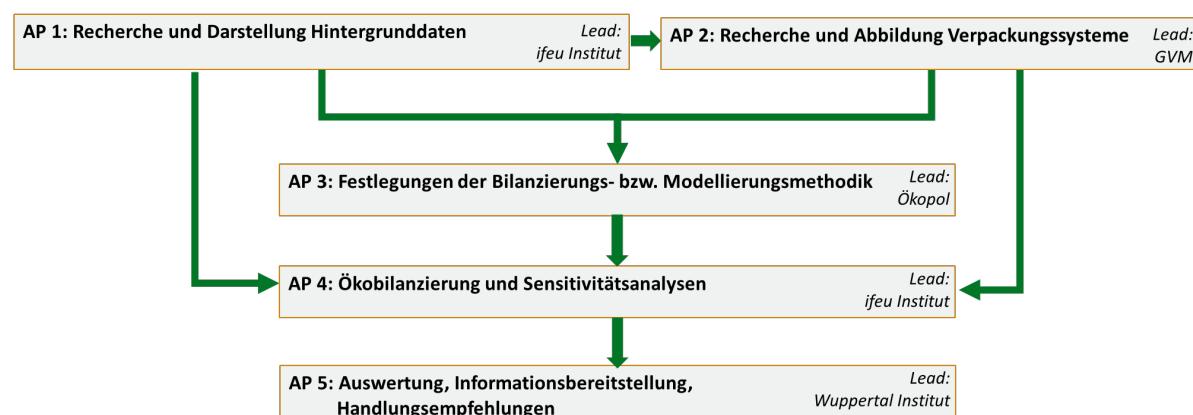
Auftraggeber der Studie ist das Umweltbundesamt.

Das Projektkonsortium beinhaltet die folgenden Organisationen:

- ▶ GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH
- ▶ ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
- ▶ Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
- ▶ Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH

### 1.3 Projektstruktur und Aufbau des Abschlussberichtes

Das Vorgehen im Forschungsvorhaben war in fünf inhaltliche Arbeitspakete (APs) gegliedert. Die Struktur der einzelnen Arbeitspakete sowie die für die Bearbeitung der jeweiligen APs hauptverantwortliche Organisation des Projektkonsortiums sind in der folgenden Abbildung schematisch dargestellt.

**Abbildung 12: Schematische Darstellung des Projektablaufs**

Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol)

In AP 1 wurden Hintergrunddaten auf Grundlage der Green-Szenarien aus dem UBA-Vorhaben „RESCUE“ für die weitere Verwendung im Projekt aufbereitet und abgestimmt. Die Aufgabe der Auftragnehmenden bestand darin, die Auswahl vorzubereiten, das UBA bei der Auswahl zu beraten, die Ergebnisse dem Begleitkreis vorzustellen und die erforderlichen Daten für die Ökobilanz im AP 4 aufzubereiten. Die Hauptverantwortung für das AP lag beim ifeu. Die Ergebnisse sind im ersten Unterkapitel des Abschnitts 4 „Datenerhebung“ dokumentiert.

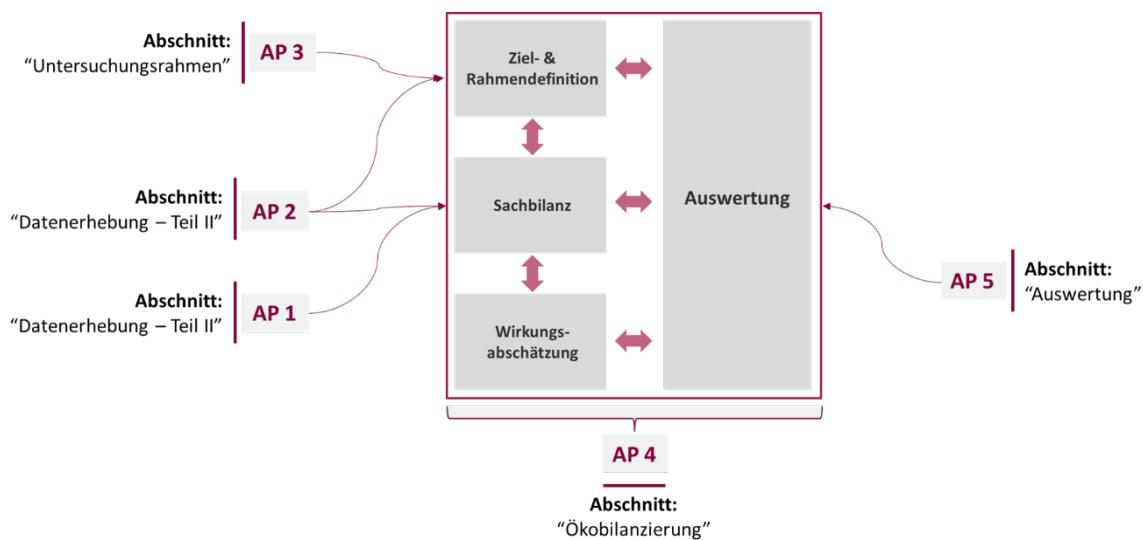
In AP 2 wurden die Verpackungssysteme innerhalb der betrachteten Getränkesegmente zur ökobilanziellen Bewertung ausgewählt, diese hinsichtlich der aktuellen Gegebenheiten und der Optimierungspotenziale für 2030 und 2045 untersucht und die Basisdaten und Optimierungsszenarien der Verpackungssysteme für die Sachbilanzierung aufbereitet und abgestimmt. Die Hauptverantwortung für das AP lag bei der GVM – Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung. Die Ergebnisse sind im zweiten und dritten Unterkapitel des Abschnitts 4 „Datenerhebung“ dokumentiert.

In AP 3 wurde basierend auf der Studie „Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen“ (Detzel et al. 2016) eine für die Ziele des Vorhabens zweckdienliche Bilanzierungs- bzw. Modellierungsmethodik entwickelt. Das Ökopol Institut war federführend für dieses AP zuständig. Die Ergebnisse dieses APs sind im Abschnitt 3 „Untersuchungsrahmen“ dokumentiert.

In AP 4 erfolgte die Durchführung der Ökobilanzierung entsprechend dem zuvor festgelegten und abgestimmten Untersuchungsdesign. Die Ökobilanzierung wurde vom ifeu durchgeführt und ist im Abschnitt 5 „Ökobilanzierung“ dokumentiert.

In AP 5 erfolgte die übergreifende Auswertung der Ergebnisse der APs 1-4, mit dem Ziel, ein möglichst umfassendes Bild zu erzeugen, das über die in der Ökobilanz quantitativ berücksichtigten Wirkungskategorien hinaus geht. Die Federführung für dieses AP lag beim Wuppertal Institut. Die Ergebnisdokumentation ist im Abschnitt 6 „Auswertung“ enthalten.

In der untenstehenden Abbildung wird dargestellt, wie die einzelnen APs mit denen gemäß den relevanten ISO-Normen in einer Ökobilanz zu berücksichtigenden Arbeitsschritten korrespondieren sowie die Abschnitte in diesem Bericht, in denen die Ergebnisdokumentation erfolgt.

**Abbildung 13: Projektstruktur, Arbeitsschritte nach ISO-Norm und Dokumentation**

Quelle: Eigene Darstellung, Ökopol

## 1.4 Begleitkreis und kritische Prüfung

### Begleitkreis

Im Rahmen des Projektes wurde ein Begleitkreis bestehend aus Vertreter\*innen der Hersteller/Abfüller, des Handels, der Recycling- und Entsorgungswirtschaft sowie von Umwelt- und Verbraucher-Verbänden eingerichtet. Der Begleitkreis übernahm drei zentrale Rollen im Projekt:

- ▶ Sicherstellen, dass die Datengrundlage vollständig, aktuell und aussagekräftig ist
- ▶ Aktuelle Erkenntnisse bezüglich Verpackungssystemen in das Projekt einbringen
- ▶ Die kritische Begutachtung der Ökobilanz nach ISO 14040 und 14044 durchführen

Die folgende Tabelle zeigt eine Zusammenstellung der im Begleitkreis vertretenen Akteursgruppen und Organisationen.

**Tabelle 2: Im Begleitkreis vertretene Akteursgruppen und Organisationen**

Akteursgruppe	Organisation
(Umwelt- und Verbraucher-) Verbände	Arbeitsgemeinschaft Verpackung + Umwelt e. V.
	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V.
	Deutsche Umwelthilfe e.V.
	NABU – (Naturschutzbund Deutschland) e.V.
	PRO MEHRWEG – Verband zur Förderung von Mehrwegverpackungen e.V.
	Stiftung Initiative Mehrweg
	Verbraucherzentrale Bundesverband e.V.
	Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e.V.

Akteursgruppe	Organisation
Handel	WWF Deutschland
	Bundesverband des Deutschen Getränkefachgroßhandels e.V.
	Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie e.V. und Arbeitsgemeinschaft konsumenten- und ökologieorientierte Getränkeverpackungen e.V. (AKÖG)
	Handelsverband Deutschland - HDE e.V.
Hersteller/Abfüller	REWE Markt GmbH
	ALPLA-Werke Alwin Lehner GmbH & Co KG
	Bund Getränkeverpackungen der Zukunft GbR
	Coca-Cola GmbH
	Deutscher Brauer-Bund e.V.
	Eckes-Granini Group GmbH
	Genossenschaft Deutscher Brunnen eG
	Gerolsteiner Brunnen GmbH & Co. KG
	Schwarz Produktion Stiftung & Co. KG
	Verband der deutschen Fruchtsaft-Industrie e.V.
	Verband des Deutschen Getränke-Einzelhandels e.V.
	Verband deutscher Mineralbrunnen
	Verband Private Brauereien Deutschland e.V.
Recycling- und Entsorgungswirtschaft, Industrieverbände	Wirtschaftsvereinigung Alkoholfreie Getränke e.V.
	Bundesverband Glasindustrie e.V.
	Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V.
	Forum Getränkendose / DAVR
	Gesamtverband der Aluminiumindustrie (GDA) e.V.
	IK Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V.
	REMONDIS Recycling GmbH & Co. KG
	Thyssenkrupp-Rasselstein GmbH
	Prof. Dr. Mario Schmidt, Hochschule Pforzheim
Wissenschaft / Begleitkreisvorsitz	

Dem Begleitkreis saß Prof. Dr. Mario Schmidt vor, Leiter des Instituts für Industrial Ecology (INEC) an der Fakultät für Wirtschaft und Recht der Hochschule Pforzheim. Herr Prof. Schmidt moderierte die Begleitkreistreffen und verantwortete die kritische Begutachtung nach ISO 14040 und 14044.

Für den Begleitkreis waren ursprünglich sechs Treffen vorgesehen. Neben einem Kick-Off und einer Abschlussveranstaltung beinhaltete dies vier inhaltlich an den Arbeitspaketen des Projektes ausgerichtete Veranstaltungen. Die Treffen wurden online durchgeführt und vom

Auftragnehmer vor- und nachbereitet. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Inhalte der Begleitkreistreffen sowie über deren zeitliche Verteilung über die Projektlaufzeit.

**Tabelle 3: Überblick über die Inhalte der Begleitkreistreffen sowie über deren zeitliche Verteilung über die Projektlaufzeit**

Nr.	Schwerpunkt	Zeitpunkt	Inhalte
1	Zusammenarbeit und AP 1	18. Oktober '21	Vorstellung Akteursgruppen, formale Zusammenarbeit und Schwerpunkte Präsentation der Ergebnisse AP 1 und Stand AP 2
2	AP 2	9. Dezember '21	Präsentation vorläufiger Ergebnisse und Arbeitshypothesen (AP 2) Stellungnahme des Begleitkreises bzgl. Datengrundlage Ausblick Arbeiten AP 3 (Modellierungsmethodik) Rückmeldungen bzgl. Ziel und Untersuchungsrahmen Reaktion auf Rückmeldungen aus dem Begleitkreis
3	AP 2	25. April '22	Abschließende Diskussion der Datengrundlage
4	AP 3	30. Mai '22	Finale Ergebnisse AP 2 Vorstellung und Diskussion des Vorschlags für eine Modellierungsmethodik (AP 3)
5	AP 4	9. November '22	Vorstellung/Diskussion der Ergebnisse der Berechnungen/Ökobilanzierung Besprechung der kritischen Begutachtung nach ISO 14040 und 14044
6	AP 5, finale Ergebnisse und kritische Prüfung	20. Juni '23	Vorstellung der finalen Ergebnisse und Diskussion

Neben den offiziellen Begleitkreistreffen wurden zwei zusätzliche Treffen am 16.5.22 und am 29.9.2022 abgehalten. Diese Treffen wurden durchgeführt, um dem zusätzlichen Diskussionsbedarf hinsichtlich spezieller methodischer Aspekte und Annahmen gerecht zu werden sowie um die Datengrundlage des nachträglich in die Studie aufgenommenen Getränkesegments Säfte und Nektare zu diskutieren.

Im Rahmen der Begleitkreistreffen hatten die Teilnehmenden die Möglichkeit, die Zwischenergebnisse (z. B. hinsichtlich methodischer Aspekte und der Datengrundlage) zu kommentieren. Ergänzend wurde den Teilnehmenden die Möglichkeit eingeräumt, schriftliche Stellungnahmen einzureichen. Die folgenden Organisationen machten Gebrauch von der Möglichkeit schriftliche Stellungnahmen einzureichen:

- ▶ Arbeitsgemeinschaft Verpackung + Umwelt e. V. (AGVU) am 29.11.2021
- ▶ Gemeinsame Stellungnahmen der Verbände der „Mehrweg-Allianz“ am 7.12.2021, 7.2.2022, am 16.5.2022 und am 12.12.2022. Die folgenden Organisationen sind Teil der Mehrweg-Allianz:
  - Deutsche Umwelthilfe e.V.
  - Verband Private Brauereien Deutschland e.V.
  - Stiftung Initiative Mehrweg

- Bundesverband des Deutschen Getränkefachgroßhandels e.V.
  - Verband Private Brauereien Deutschland e.V.
  - Verband des Deutschen Getränke-Einzelhandels e.V.
- Gerolsteiner am 13.12.2021
- Fachverband Kartonverpackungen für flüssige Nahrungsmittel e.V. am 25.1.2022 und am 13.5.2022
- Wirtschaftsvereinigung Alkoholfreie Getränke e.V. am 31.1.2022, am 13.5.2022 und am 13.6.2022
- Bund für Getränkeverpackungen der Zukunft GbR (BGVZ) am 7.2.2022, am 13.5.2022 und am 13.6.2022
- Forum Getränkendose am 7.2.2022, am 10.5.2022 und am 7.6.2022 sowie eine gemeinsame Stellungnahme mit Aluminium Deutschland am 25.11.2022
- Forum PET in der IK Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V. am 7.2.2022 und am 13.5.2022
- Gemeinsame Stellungnahme des Verbandes Deutscher Mineralbrunnen e.V. und der Genossenschaft Deutscher Brunnen eG am 7.2.2022
- Deutscher Brauerbund am 10.5.2022
- Aluminium Deutschland am 13.5.2022
- Eckes-Granini am 7.1.2022
- Verband der deutschen Fruchtsaft-Industrie e.V. am 11.10.2022

Hier wurden nur offizielle, in Schriftform eingegangene Stellungnahmen aufgeführt. Zusätzlich gab es E-Mail-Verkehr zwischen dem Begleitkreisvorsitzenden, den Auftragnehmenden, den Auftraggebenden und einzelnen Mitgliedern des Begleitkreises.

Die Stellungnahmen wurden durch die Auftragnehmenden in einer Synopse zusammengefasst und es wurde dargestellt, ob und wenn ja, wie die Rückmeldung in der weiteren Bearbeitung der Studie berücksichtigt wurde. Die Synopse wurde den Mitgliedern des Begleitkreises ebenfalls zur Verfügung gestellt.

Neben der Diskussion methodischer Aspekte und der Kommentierungen der durch das Projektteam präsentieren Datengrundlage auf den Begleitkreistreffen, kam dem Begleitkreis insbesondere im zweiten Arbeitspaket der Studie („Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“, entsprechend der Sachbilanzierung der Ökobilanz) eine wichtige Rolle zuteil. Im Zuge der Arbeiten wurden zahlreiche Interviews mit Vertreter\*innen des Begleitkreises geführt, um die Datengrundlage für die Ökobilanzierung zu erheben und zu validieren. Das Vorgehen bei der Erhebung der Datengrundlage wird im entsprechenden Berichtsteil im Detail erläutert.

Im Verlauf des Abschlussberichtes wird an entsprechenden Stellen auf den Input des Begleitkreises hingewiesen.

### **Kritische Prüfung nach ISO 14040 und 14044**

Die Leistungsbeschreibung des Vorhabens sah vor, dass die erarbeitete Ökobilanz methodisch möglichst nah an den speziellen, vom UBA entwickelten Mindestanforderungen für Getränkeverpackungsökobilanzen entwickelt wird (Detzel et al. 2016) und dass sie den allgemeinen Vorgaben der relevanten ISO-Standards für die Ökobilanzierung gerecht wird. Im Rahmen der vorliegenden Studie sind dies die Normen 14040 und 14044 sowie die ISO/TS Norm 14071 für den Prozess der kritischen Prüfung. Im Abschnitt 3 „Untersuchungsrahmen“ wird näher auf das Verhältnis von ISO-Normen zu den Mindestanforderungen eingegangen.

Gemäß den entsprechenden Normen ist für die vorliegende Ökobilanz eine kritische Begutachtung erforderlich. Diese erfolgte begleitend zur Studie und unter Beteiligung aller relevanten und betroffenen Akteure aus Industrie und Handel. Zudem erfolgte die Studie und die Beteiligung der Akteure in enger Abstimmung mit dem UBA. Die Begutachtung wurde von Prof. Dr. Mario Schmidt verantwortet.

Mit der Beteiligung aller relevanten Akteure und der frühzeitigen und engen Einbindung des UBA wurde den Empfehlungen der Mindestanforderungen entsprochen.

## **1.5 Konformitätserklärungen**

### **Konformitätserklärung ISO 14040 und ISO 1044**

Die vorliegende Studie wurde entsprechend der Vorgaben der ISO 14040 und 14044 durchgeführt. Dies wurde im Rahmen der kritischen Prüfung bestätigt. Der Bericht zur kritischen Prüfung ist diesem Bericht vorangestellt.

## 2 Ziel der Studie

Diese ökobilanzielle Studie soll zukunftsgewandt die Perspektiven unterschiedlicher Verpackungssysteme bei absehbaren Veränderungen der Rahmenbedingungen sowie bei Ausschöpfen möglicher Optimierungspotenziale der Verpackungssysteme ermitteln. Der zeitliche Fokus liegt dabei auf bis 2030 absehbaren Entwicklungen, ergänzend wird das Jahr 2045 betrachtet.

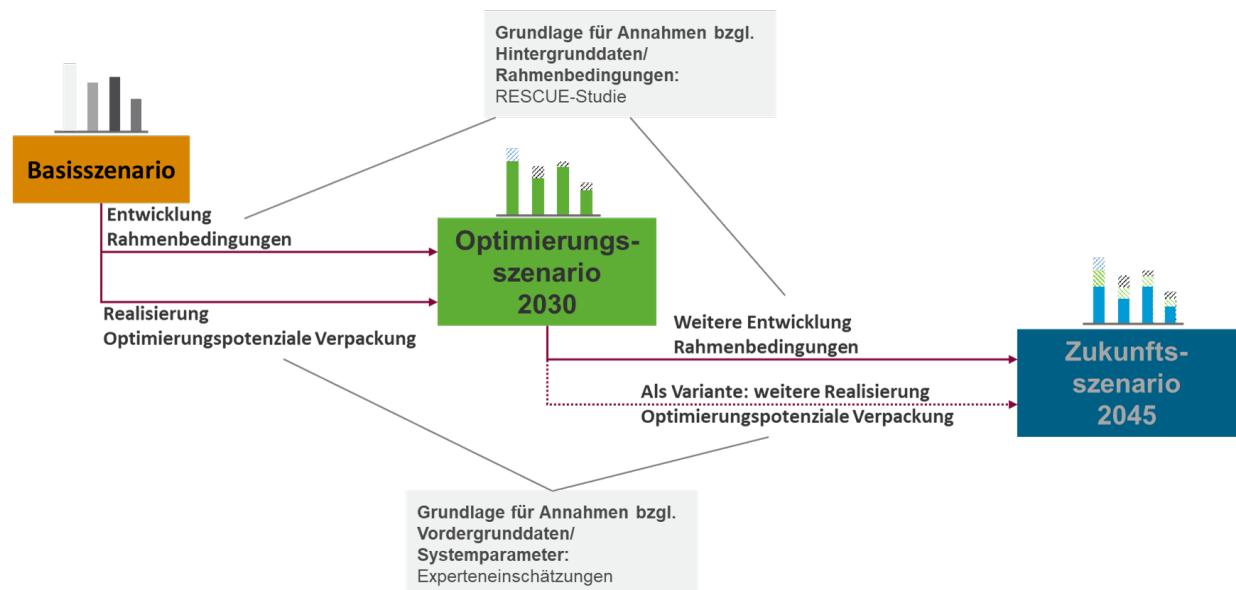
### Zu beantwortende Frage

Konkret soll die Studie folgende Frage beantworten:

- Wie können sich die Umweltwirkungen verschiedener Getränkeverpackungssysteme zukünftig darstellen
  1. unter Veränderungen der Rahmenbedingungen und
  2. bei Ausschöpfen möglicher Optimierungspotenziale der Verpackungssysteme?

Für die betrachteten Getränkeverpackungssysteme kann also jeweils ein Vergleich erfolgen, wie sich deren Umweltwirkungen zukünftig (unter Veränderungen der Rahmenbedingungen und bei Ausschöpfen möglicher Optimierungspotenziale) darstellen können. Die folgende Abbildung illustriert das Ziel und die erwarteten Ergebnisse der Studie.

**Abbildung 14: Darstellung des Ziels und der erwarteten Ergebnisse dieser Studie**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol)

### Ergebnisverwendung

Auf Basis dieser Betrachtungen sollen wissenschaftlich begründete und verständliche Informationen für politische Entscheidungsträger, Verbände, Hersteller und Handel bereitgestellt werden.

Hierbei ist auch der Frage nachzugehen, welche Faktoren die Umweltwirkungen wie (stark) beeinflussen. Auf dieser Basis sollen Handlungsempfehlungen gegeben werden, die die Optimierungspotentiale der einzelnen Verpackungssysteme größtmöglich zu heben geeignet sind und somit zu Verpackungssystemen mit möglichst geringen Umweltbelastungen führen.

Ein Vergleich unterschiedlicher Verpackungssysteme miteinander gehört nicht zu den intendierten Zielen der Studie.

**Tabelle 4: Tabellarische Zusammenfassung von Zielsetzung, Scope und funktioneller Einheit**

Was?	Beschreibung
<b>Gründe für die Durchführung der Studie</b>	Auftrag der Koalitionsfraktionen und entsprechende Abstimmungen mit BMUV/UBA
<b>Vorgesehene Verwendung</b>	Information über mögliche zukünftige Entwicklung der Umweltwirkungen von Getränkeverpackungssystemen; Ableitung von Handlungsempfehlungen für politische Entscheidungsträger, Hersteller, Handel
<b>Angaben zur Veröffentlichung</b>	Zur Veröffentlichung vorgesehen
<b>Zielgruppen</b>	Hersteller, Handel, Verbände, Behörden, Politik
<b>Zeitlicher Scope</b>	Der zeitliche Fokus liegt auf bis 2030 absehbaren Entwicklungen, ergänzend wird das Jahr 2045 betrachtet.
<b>Betrachtete Produktsysteme</b>	Durch den Auftraggeber ist ein Fokus auf die Getränkesegmente Bier, Erfrischungsgetränke und Wasser vorgegeben. Im Verlauf des Vorhabens wurde ergänzend das Getränkesegment "Säfte und Nektare" aufgenommen. Auf Basis dieser Setzung erfolgte die Auswahl der im Vorhaben zu betrachtenden Verpackungssysteme.
<b>Funktionelle Einheit</b>	Die funktionelle Einheit ist entsprechend der Vorgaben der Mindestanforderungen an die Ökobilanzierung von Getränkeverpackungssystemen definiert: <i>„Bereitstellung von 1000 L Getränk in Gebinden bis zu einer Füllgröße von 10 Litern am Ort der letzten Handelsstufe (POS: Point of Sale).“</i> (Detzel et al. 2016) Der Ort der letzten Handelsstufe wird dabei verstanden als: <i>„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)).“</i> (Detzel et al. 2016)

## 3 Untersuchungsrahmen

### 3.1 Zielsetzung des Arbeitspaketes

Ziel des Arbeitspaketes war es, basierend auf dem Abschlussbericht des Forschungsvorhabens „Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen“ (Detzel et al. 2016) (im folgenden „Mindestanforderungen“), in welchem methodische Mindestanforderungen für die Ökobilanzierung von Verpackungssystemen erarbeitet wurden, eine für die Ziele des Vorhabens geeignete Bilanzierungs- bzw. Modellierungsmethodik zu entwickeln. Diese Methodik soll sich möglichst nah an den ursprünglichen Mindestanforderungen orientieren sowie zusätzliche relevante, bisher nicht in die Methodik der Ökobilanzierung integrierte, ökologische Aspekte berücksichtigen. Die Ergebnisse des Arbeitspaketes bilden die methodische Grundlage für die im folgenden Arbeitsschritt durchzuführende Ökobilanzierung der im zweiten Arbeitspaket ausgewählten Verpackungssysteme und Szenarien.

#### Ablauf der Arbeiten

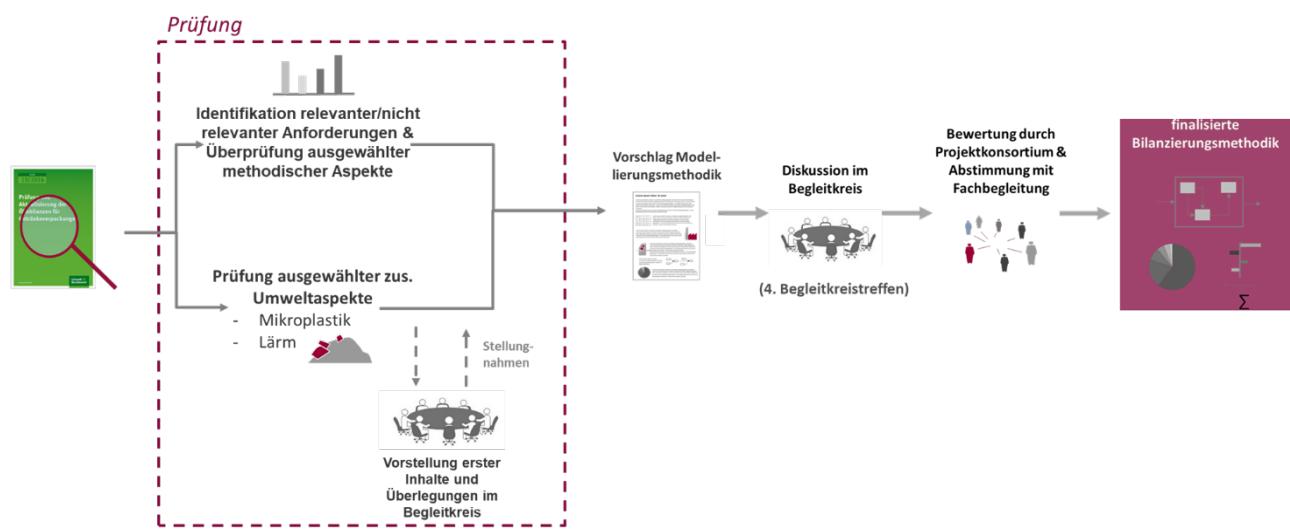
In einem ersten Arbeitsschritt wurden die Mindestanforderungen aus Detzel et al. (2016) aufgearbeitet und Anpassungsvorschläge in Bezug auf ausgewählte methodische Festlegungen ausgearbeitet (siehe Abschnitt 3.2.1, 3.2.2). Vor dem Hintergrund der Auswahl der Verpackungssysteme, zielt der folgende Arbeitsschritt (vgl. Abschnitt 3.2.2.3.2) darauf ab, zu überprüfen, ob ausgewählte zusätzliche ökologische Aspekte (Mikroplastik- und Geräuschemissionen) in der durchzuführenden Ökobilanzierung sinnvoll berücksichtigt werden können. Dabei wurden auch die im ersten Arbeitspaket gewonnenen Erkenntnisse über die ökologischen Auswirkungen der Transformation des Energiesystems vor dem Hintergrund der Reduktion der Treibhausgasemissionen und des Ressourcenverbrauchs berücksichtigt. Basierend auf den Erkenntnissen dieser beiden Arbeitsschritte wurde dann eine Modellierungsmethodik ausgearbeitet (siehe 3.3).

Die Ergebnisse wurden im weiteren Projektverlauf dem im Rahmen des Forschungsvorhabens eingerichteten Begleitkreis vorgestellt und diskutiert. Stellungnahmen und Anpassungsvorschläge wurden vom Projektkonsortium in engem Austausch mit dem UBA und dem BMUV geprüft und bei der Erarbeitung der finalen Bilanzierungsmethodik berücksichtigt.

#### Aufbau des Abschnitts

Im folgenden Abschnitt ist die **Prüfung der Mindestanforderungen** dokumentiert. Zuerst erfolgt eine Zusammenfassung der wesentlichen Setzungen der Mindestanforderungen (Abschnitt 3.2). Darauf folgt eine detaillierte Betrachtung ausgewählter methodischer Festlegungen, deren Anwendbarkeit vor dem Hintergrund des Ziels der Studie diskutiert wird. Teil dieses Abschnittes ist ebenfalls die Prüfung der Berücksichtigung ausgewählter zusätzlicher ökologischer Aspekte zur Berücksichtigung in der Wirkungsabschätzung.

In **Abschnitt 3.4** wird die **Modellierungsmethodik** zusammengefasst dargestellt.

**Abbildung 15: Darstellung des Arbeitsprozesses in Arbeitspaket 3**

Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol)

### 3.2 Aufbereitung der Mindestanforderungen

Bei den Mindestanforderungen handelt es sich um „*verbindliche Vorgaben für die Bereiche einer [Getränke-]Ökobilanz, in denen ergebnisrelevante Festlegungen für die Modellierung und Bilanzierung sowie die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse getroffen werden*“ (Detzel et al. 2016, S. 30). Sie sind vor dem Hintergrund entwickelt worden, dass Akteure aus Industrie und Wirtschaft zunächst im Kontext der Einordnung als ökologisch vorteilhafte Einweggetränkeverpackung gemäß VerpackV eigenfinanzierte Ökobilanzen dem UBA und dem BMUV zur Bewertung vorlegen. Die Definition der Mindestanforderungen soll dem UBA und dem BMUV die Vergleichbarkeit der methodischen Festlegungen und der Herangehensweise bei der Datengenese und Bearbeitung der Studie unabhängig vom Auftraggeber und Auftragnehmer garantieren. Auch soll mit den Mindestanforderungen sichergestellt werden, dass nicht nur ein kleiner Markttausschnitt untersucht wird, bei dem ein Verpackungssystem besonders gut abschneidet. Folglich zielen Ökobilanz-Studien, die auf Grundlage der Mindestanforderungen erstellt werden, auf den Vergleich verschiedener Getränkeverpackungssysteme unter durchschnittlichen deutschen Verhältnissen ab.

Das Ziel der durchzuführenden Ökobilanz unterscheidet sich in zwei wesentlichen Punkten, von der Zielsetzung, für die die Mindestanforderungen erstellt wurden:

- ▶ Ökobilanz-Studien, die nach den Mindestanforderungen erstellt werden, zielen auf einen Vergleich verschiedener Getränkeverpackungssysteme innerhalb bestimmter Getränkeselemente ab. Die hier durchgeführte Studie verfolgt jedoch das Ziel, zu ermitteln, wie sich die Umweltwirkungen der untersuchten Getränkeverpackungssysteme zukünftig (unter Veränderungen der Rahmenbedingungen und bei Ausschöpfen möglicher Optimierungspotenziale) darstellen können. Sie stellt somit auf einen Vergleich der Umweltwirkungen desselben Verpackungssystems mit verschiedenen Zukunftsszenarien (2030 und 2045) ab und nicht auf einen Vergleich verschiedener Getränkeverpackungssysteme untereinander.
- ▶ Die Mindestanforderungen sind für retrospektive Ökobilanzen entwickelt worden. In der hier vorliegenden Studie erfolgt jedoch neben der (retrospektiven) Betrachtung eines Basisszenarios insbesondere eine prospektive Betrachtung von Zukunftsszenarien.

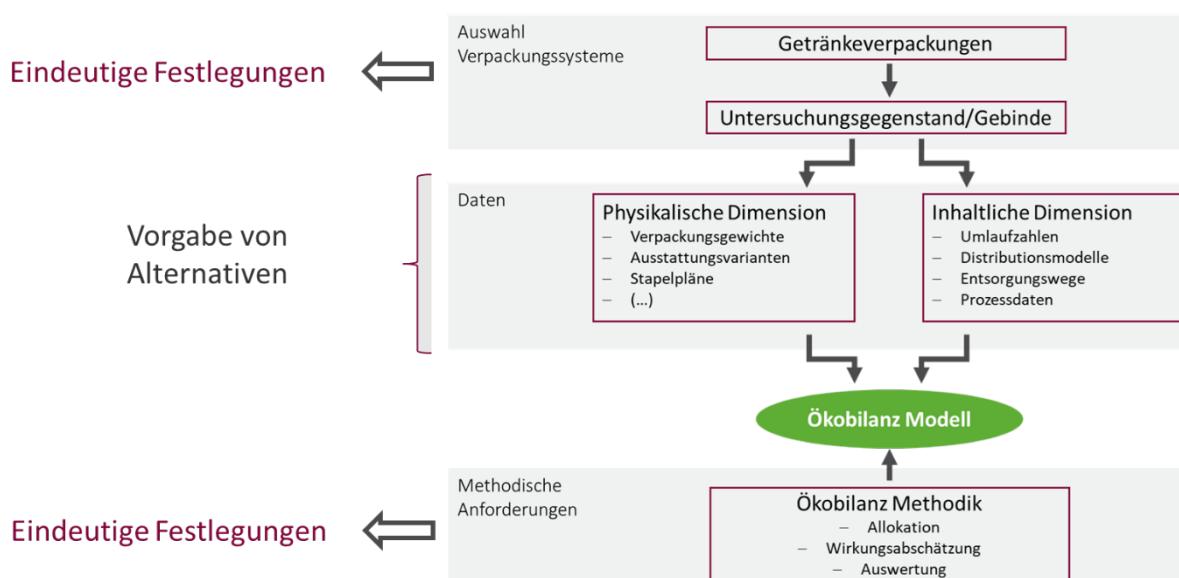
Vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Zielsetzungen sowie der Anforderung an das Projekt, sich möglichst nah an die Mindestanforderungen zu halten, müssen die methodischen Festlegungen dahingehend überprüft werden, ob sie im Rahmen dieser Studie anwendbar sind.

Dafür wird im Folgenden auf die Struktur und die wesentlichen Inhalte der Mindestanforderungen eingegangen. Anschließend folgt eine detaillierte Betrachtung der Festlegungen hinsichtlich der allgemeinen Bilanzierungs- und Modellierungsmethodik. In diesem Abschnitt werden die Mindestanforderungen in Bezug auf wesentliche Aspekte erläutert, vor dem Hintergrund der Zielsetzungen diskutiert und ggf. Abweichungsbedarfe identifiziert. Die Identifikation zusätzlicher ökologischer Aspekte erfolgt unter dem Aspekt der Wirkungsabschätzung.

### 3.2.1 Struktur und wesentliche Inhalte der Mindestanforderungen

Die folgende Abbildung zeigt eine zusammenfassende Darstellung der übergeordneten Bereiche, für die konkrete Mindestanforderungen definiert wurden: Die Verpackungsauswahl, Datengenese und methodische Anforderungen.

**Abbildung 16: Übergeordnete Bereiche einer Getränkeökobilanz, für die Anforderungen definiert werden.**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol) auf Grundlage von Kauertz 2016

Im Rahmen des AP 3 wurden ausschließlich die in den Mindestanforderungen getroffenen Festlegungen hinsichtlich der methodischen Anforderungen betrachtet. Die Auswahl der Verpackungssysteme sowie die Datengenese sind insbesondere Teil des AP 2 „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“.

#### Exkurs: Zusammenhang zwischen ISO-Norm und Mindestanforderungen

Ziel des Vorhabens ist eine mit den ISO-Standards für die Ökobilanzierung konforme Studie. Im Rahmen der vorliegenden Studie sind dies die Normen 14040 und 14044 sowie die ISO/TS Norm 14071 für den Prozess der kritischen Prüfung.

**ISO 14040** „...beschreibt die Grundsätze und Rahmenbedingungen der Ökobilanz, einschließlich

a) der Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens der Ökobilanz;

- b) der Sachbilanz-Phase;
- c) der Phase der Wirkungsabschätzung;
- d) der Auswertungsphase;
- e) des Berichtes über die Ökobilanz und deren Kritische Prüfung;
- f) der Grenzen der Ökobilanz;
- g) der Beziehungen zwischen den Phasen einer Ökobilanz und
- h) der Bedingungen der Anwendung von Werthaltungen und optionalen Bestandteilen.“ (DIN EN ISO 14040)

**ISO 14044** „...liefert Anforderungen an die Erstellung [von Ökobilanzen], einschließlich

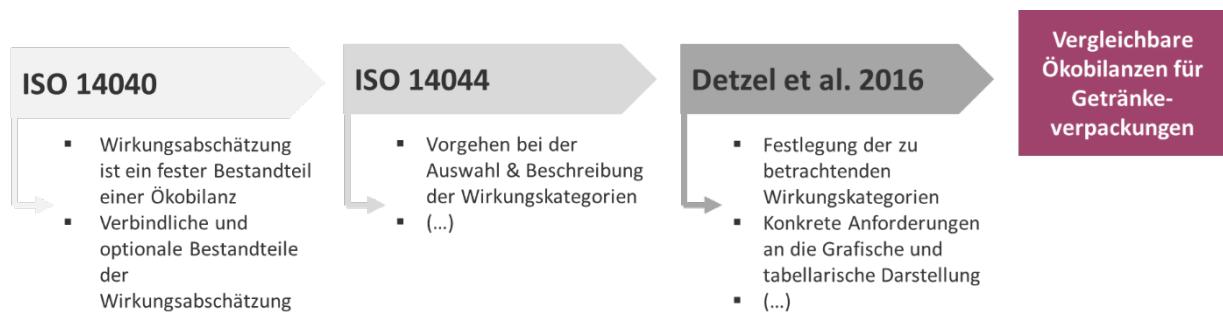
- a) der Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens der Ökobilanz;
- b) der Sachbilanz-Phase;
- c) der Phase der Wirkungsabschätzung;
- d) der Auswertungsphase;
- e) der Berichterstattung über die Ökobilanz und deren Kritische Prüfung;
- f) der Grenzen der Ökobilanz;
- g) der Beziehungen zwischen den Phasen einer Ökobilanz und
- h) der Bedingungen der Anwendung von Werthaltungen und optionalen Bestandteilen.“ (DIN EN ISO 14044)

ISO 14071 enthält zusätzliche Anforderungen und Anleitungen zu ISO 14044 hinsichtlich des Prozesses der Kritischen Prüfung und der Kompetenzen der Prüfer\*innen.

Die ISO-Normen sind generisch, d. h., dass sie für Ökobilanzen aller Produkte und Dienstleistungen anwendbar sind. Die Mindestanforderungen konkretisieren die Anforderungen der ISO-Normen speziell für den Bereich der Getränkeverpackungssysteme.

Die folgende Abbildung stellt anhand der Phase der Wirkungsabschätzung beispielhaft dar, wie die Mindestanforderungen die Anforderungen der ISO-Normen 14040 und 14044 für den Bereich der Getränkeverpackungen konkretisiert.

**Abbildung 17: Darstellung der Beziehung zwischen den ISO-Normen für die Ökobilanzierung und den UBA-Mindestanforderungen für Getränkeverpackungen**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol)

Die Mindestanforderungen gliedern sich in sechs Abschnitte:

1. Allgemeine Aspekte
1. Ziel der Studie
2. Untersuchungsrahmen der Studie
3. Sachbilanz
4. Wirkungsabschätzung
5. Auswertung

Im Folgenden werden wesentliche Inhalte der Mindestanforderungen dieser Struktur folgend erläutert.

### 3.2.1.1 Allgemeine Aspekte

Unter dem Punkt „Allgemeine Aspekte“ werden in den Mindestanforderungen Vorgaben an die Spezifikation bzw. Dokumentation von

- ▶ Auftraggeber und Ersteller der Ökobilanz,
- ▶ Datum des Ökobilanz-Berichts,
- ▶ Konformitätserklärung bzgl. ISO 14040 und 14044 sowie bzgl. Mindestanforderungen und
- ▶ Art der kritischen Prüfung

gemacht (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.1).

Die Mindestanforderungen sehen bzgl. der Kritischen Prüfung auch vor, dass diese begleitend erfolgen kann. Die Einrichtung eines Begleitkreises, der neben den Auftraggeber\*innen und -nehmer\*innen auch alle relevanten und betroffenen Akteure aus Industrie und Handel umfasst, wird empfohlen. Zudem wird das frühzeitige Einbeziehen des UBA empfohlen.

### 3.2.1.2 Zielsetzung

Die Mindestanforderungen verlangen das Darlegen und Beschreiben der Ziele der Studie entlang folgender Kriterien (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.2):

- ▶ Gründe für die Durchführung der Studie
- ▶ Vorgesehene Verwendung
- ▶ Zielgruppen
- ▶ Angaben zur Veröffentlichung der Ökobilanz-Studie

Wie oben beschrieben, sind die Mindestanforderungen speziell für Ökobilanzen entwickelt worden, die zur Vorlage beim UBA und dem BMUV im Kontext der VerpackV bzw. dem VerpackG erstellt werden. Dies muss unter dem Punkt „Vorgesehene Verwendung“ explizit dargelegt werden.

### 3.2.1.3 Untersuchungsrahmen

Bezüglich des Untersuchungsrahmens sind entsprechend den Mindestanforderungen (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.3) die untersuchten Produktsysteme zu definieren und eine Beschreibung methodischer Eckpunkte der Ökobilanz-Studie vorzunehmen.

#### Angaben zu den Produktsystemen

Die Charakterisierung der Getränkeverpackungssysteme hat nach den folgenden produktspezifischen Parametern zu erfolgen, für die in den Mindestanforderungen verbindliche Festlegungen vorgenommen werden:

- ▶ Getränksegment,
- ▶ Packmittel (Primärverpackung, Sekundärverpackung, Tertiärverpackung),
- ▶ Packstoff (Material),
- ▶ Klassifikation,
- ▶ Füllgröße,
- ▶ Distributionsstruktur und
- ▶ Umlaufzahlen bei Mehrwegsystemen.

Die **Funktionelle Einheit (FE)** ist festgelegt auf die „*Bereitstellung von 1000 L Getränk in Gebinden bis zu einer Füllgröße von 10 Litern am Ort der letzten Handelsstufe (POS: Point of Sale).*“ (Detzel et al. 2016, S. 395)

Der Ort der letzten Handelsstufe ist wie folgt 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)).*“ (Detzel et al. 2016, S. 396)

Die Leistungsmerkmale/Funktionen der Getränkeverpackungssysteme sind detailliert zu beschreiben und die funktionale Äquivalenz der untersuchten Primärverpackungen innerhalb eines Getränksegmentes darzustellen.

Aspekte wie die füllgutbezogene Differenzierung und damit auch die Unterscheidung zwischen kohlensäurehaltigen und kohlensäurefreien Getränken sowie gekühlten und nicht gekühlten Milchgetränken ist in die vorgegebene Differenzierung nach Getränksegmenten verlagert.

Es werden spezielle Vorgaben gemacht, wie der sich aus der FE ergebende **Referenzfluss** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.3.7) beschrieben werden muss.

Durch die Mindestanforderungen werden verbindliche **Getränksegmente** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.3.2) vorgegeben, denen Getränkearten zugeordnet werden, welche wiederum in (Getränke-)Gruppen unterteilt werden können. Im Rahmen der Ökobilanzierung muss unter anderem dargestellt werden, zu welchem Getränksegment die Untersuchung durchgeführt wird, ob diese Getränksegmente vollständig oder teilweise betrachtet werden, die Gründe, die eine Betrachtung von nur einer Getränkegruppe rechtfertigen sowie welche Getränkearten berücksichtigt werden und welche nicht.

Zur **Auswahl und Beschreibung der Verpackungssysteme** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.3.3) werden genaue Vorgaben formuliert, welche Verpackungsspezifikationen wie erhoben und dargestellt werden müssen. Zudem wird die Identifikation und Beschreibung eines **Referenzsystems** verbindlich vorgegeben (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.3.3.2).

Für die Systemparameter **Distribution, Umlaufzahlen und Entsorgungswege** (Detzel et al. 2016, Abschnitte 6.3.4 - 6.3.6) bestehen Vorgaben zu deren Ermittlung und Darstellung. Generell gilt, dass sie die spezifische Situation eines Getränkeverpackungssystems widerspiegeln müssen. Die Ermittlung der aktuellen Systemparameter in diesem Projekt weicht in Teilen von den Mindestanforderungen ab, da der Fokus des Vorhabens auf den Optimierungspotenzialen liegt. Die Erhebung der aktuellen Systemparameter für die betrachteten Getränkesegmente hätte für die Erfüllung der Anforderungen sehr hohen Marktforschungsaufwand bedeutet. Für den Fokus dieser Studie mit den größten Unsicherheiten bei den zukünftigen Entwicklungen wird ein Vorgehen mit geringerem Aufwand als angemessen angesehen. Aus diesem Grund wird z. B. für die Ermittlung der Distributionsdistanzen auf Vorstudien zurückgegriffen. Die zukünftigen Systemparameter werden auf der Grundlage von Experteneinschätzungen abgeleitet. Die genaue Darstellung des Vorgehens sowie Erläuterungen, an welchen Stellen bei der Ermittlung der Systemparameter von den Mindestanforderungen abgewichen wird, ist in Teilbericht II beschrieben.

Hinsichtlich der **Datenqualität** schreiben die Mindestanforderungen vor, dass in der Ziel- und Rahmendefinition beschrieben werden muss, an welcher Stelle primäre und sekundäre Vordergrund- sowie Hintergrunddaten verwendet wurden sowie an welcher Stelle Datenerhebungen durch die Auftragnehmer erfolgt sind und an welchen Stellen auf Datenerhebungen anderer zurückgegriffen wurde.

### Methodische Eckpunkte

Für die Festlegung von Kriterien bzgl. der in die betrachteten Produktsysteme einzubeziehenden Prozessmodule werden verbindliche Randbedingungen für **technische-, geografische- und zeitliche Systemgrenzen** zusammengestellt.

- ▶ **Technisch:** Alle Prozesse des gesamten Lebensweges der Getränkeverpackungssysteme sind einzubeziehen, unter Berücksichtigung vorgegebener Lebenswegabschnitte. Die Herstellung von Infrastruktur liegt außerhalb der Systemgrenzen. Ergänzend bestehen Anforderungen an die Beschreibung von Prozessmodulen, der Begründung von nicht berücksichtigten Prozessen sowie an die Darstellung der Systemgrenzen in einem Prozessdiagramm.
- ▶ **Geografisch:** Inlandsabsatz (Deutschland) und Importe liegen innerhalb der Systemgrenze, Exporte werden nicht erfasst.
- ▶ **Zeitlich:** Die zeitliche Systemgrenze beschreibt den zeitlichen Gültigkeitsbereich der Daten. Diese ist für die Verpackungsspezifikationen zu definieren. Weiterhin werden Anforderungen an die Aktualität der Vordergrunddaten gestellt sowie an die Beschreibung der zeitlichen Gültigkeit der Studien-Ergebnisse.

Hinsichtlich anzuwendender **Abschneidekriterien** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.3.9) werden spezifische Kriterien bzgl. der Masse-, Energie- und Umweltrelevanz festgelegt. Es muss beschrieben werden, wo diese angewendet wurden, ggf. abgewichen wurde und im Zuge der Auswertung müssen diese diskutiert und ggf. mit Sensitivitätsanalysen analysiert werden.

Angewendete **Allokationsverfahren** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.3.10) sind bereits in der Rahmendefinition zu benennen.

In Abschnitt 6.3.12 werden Anforderungen an die **Wirkungsabschätzung** definiert. Zum einen werden Wirkungskategorien benannt, die im Rahmen der nach Mindestanforderungen durchgeführten Ökobilanzen für Getränkeverpackungen berücksichtigt werden müssen (**verbindliche Bestandteile, Abschnitt 6.3.12.2**). Zum anderen werden Anforderungen an die optionalen Bestandteile der Wirkungsabschätzung, Normierung, Ordnung und Gewichtung, definiert (**optionale Bestandteile, Abschnitt 6.3.12.2**). Weitere Vorgaben zu den relevanten Arbeitsschritten und Dokumentationsanforderungen hinsichtlich der verbindlichen und optionalen Bestandteile der Wirkungsabschätzung werden in den Unterkapiteln 6.4 „Sachbilanz“, 6.5. „Wirkungsabschätzung“ und 6.6 „Auswertung“ gemacht.

Die zu untersuchenden Verpackungssysteme werden in **Szenarien (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.3.13)** abgebildet. Dabei ist für jedes Verpackungssystem ein im definierten Bezugszeitraum repräsentatives Basisszenario zu bilanzieren. Sensitivitätsanalysen werden durchgeführt, um Datensätze und Annahmen innerhalb der Modellierung in den Basisszenarien der Wirkungsabschätzung sowie in Bezug auf fiktive Varianten (ausschließlich bzgl. der Sammlung von bepfandeten Einwegsystemen über die gemischte LVP Sammlung, wenn für diese eine Einstufung als ökologisch vorteilhaft angestrebt wird). Das Durchführen weiterer Sensitivitätsanalysen ist vor dem Hintergrund des Erkenntnisinteresses zu begründen. Für die jeweilige Art der Sensitivitätsanalyse sind weitere Anforderungen definiert.

Weiterhin gibt es Vorgaben für verbindlich durchzuführende Sensitivitätsanalysen sowie für Sensitivitätsanalysen, die nur nach einer Einzelfallprüfung vorgenommen werden müssen. Die Einzelfallprüfung bezieht sich auf a) die Verwendung spezieller verwendeter Materialien oder bestimmte Arten von Daten und b) die ggf. notwendige Prüfung der Ergebnisrelevanz von nur eingeschränkt validen Festlegungen im Rahmen der Auswertung (vgl. Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.3.13, Tabelle 46).

Die Vorgaben zur **Auswertung** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.3.14) der Mindestanforderungen orientieren sich an den Vorgaben der ISO 14044 (DIN EN ISO 14044, S. 45):

6. „*Identifizierung der signifikanten Parameter auf der Grundlage der Ergebnisse der Sachbilanz und Wirkungsabschätzungs-Phasen der Ökobilanz;*
7. *eine Beurteilung, die die Vollständigkeits-, Sensitivitäts- und Konsistenzprüfungen berücksichtigt;*
8. *Schlussfolgerungen, Einschränkungen und Empfehlungen.“*

Zudem werden Signifikanzschwellenwerte (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.3.14.1) für vergleichende Betrachtungen festgelegt und Vorgaben zur Konsistenzprüfung (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.3.14.2) gemacht.

Der **Aufbau des Berichts** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.3.15) muss der Gliederung der Mindestanforderungen folgen.

### **3.2.1.4 Sachbilanz**

Im Abschnitt 6.4 „Sachbilanz“ sind die Mindestanforderung an das Vorgehen bei der

- ▶ Auswahl der zu untersuchenden Verpackungssysteme,
- ▶ Genese der Systemparameter und Prozessdaten,
- ▶ Allokation auf Prozess und Systemebene,
- ▶ Erhebung der Daten zur Berechnung der Wirkungsindikatoren,
- ▶ Durchführung von Sensitivitätsanalysen sowie

- bzgl. der Darstellung der Daten/Dokumentationspflichten definiert.

Es wird ein generelles Entscheidungsmuster festgelegt, zur **Auswahl von Daten und dem Umgang mit fehlenden Daten** bzw. der im Sinne der Mindestanforderungen unzureichenden Systemparameter und Prozessdaten (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.4.1).

Der Abschnitt 6.4.2 „**Verpackungsauswahl**“ beinhaltet Anforderungen an die Ermittlung der Getränkesegmente (Abschnitt 6.4.2.1) und Getränkeverpackungssysteme (Abschnitt 6.4.2.1) sowie an die Auswahl eines verbindlichen Referenzsystems (Abschnitt 6.4.2.1). Unter anderem wird festgelegt, dass die Auswahl der Verpackungssysteme auf einer Marktanalyse zu erfolgen hat, die sich auf die Grundgesamtheit der Getränkeverpackungsökobilanz bezieht (bestimmt durch das ausgewählte Getränkesegment). Die Bezugsgröße der Marktmenge (Getränkeverbrauch), eine Mindestanzahl an zu berücksichtigenden Getränkeverpackungssystemen, verschiedene Schwellenwerte für die Berücksichtigung von Verpackungssystemen und -gruppen sowie Anforderungen an die Berücksichtigung von verschiedenen Ausgestaltungsvarianten von Verpackungssystemen und die Aktualität von verwendeten Marktdaten werden definiert.

Hinsichtlich der **Ableitung der wesentlichen Systemparameter** Entsorgungswege (Abschnitt 6.4.3.1), Packmittelgewichte (Abschnitt 6.4.3.2), Umlaufzahlen bei Mehrwegsystemen (Abschnitt 6.4.3.3) und der Distribution (Abschnitt 6.4.3.4) werden genaue Vorgaben gemacht, wie diese zu ermitteln sind.

Generell sind alle auftretenden **Entsorgungswege** zu berücksichtigen. Lediglich unter definierten Bedingungen darf von diesem Grundsatz abgewichen werden. Abweichungen sind zu begründen. Für die Modellierung der Entsorgungswege werden im Rahmen der Mindestanforderungen die ökobilanzielle Erfassungsquote (öEQ) und die ökobilanzielle Sortierquote (öSQ) definiert sowie das Vorgehen bei deren Ableitung konkretisiert. Generell bestehen hierfür zwei Möglichkeiten: Eine speziell für die Studie durchgeföhrte Datenerhebung oder – wenn eine Datenerhebung im Rahmen der Studie nicht darstellbar ist – auf Grundlage der abfallwirtschaftlichen Berichterstattung.

Weiterhin wird in Bezug auf die Entsorgungswege ein Vorgehen zum Ableiten der Modellierung notwendiger Quoten bepfandeter Einweggetränkeverpackungen vorgegeben sowie für die Dokumentation der modellierten Entsorgungswege.

In Bezug auf die **Ermittlung der Verpackungsgewichte** hat diese nach den folgenden Prinzipien zu geschehen:

- Vollständigkeit
- Aktualität
- Angemessenheit
- Nachvollziehbarkeit
- Transparenz
- Bedeutungsrelevanz
- Datengenauigkeit

Es sind verschiedene Formen der Datenermittlung zulässig, für welche z. T. Kontrollwiegungen notwendig sind.

Hinsichtlich der **Ermittlung von Umlaufzahlen bei Mehrwegsystemen** werden verschiedene Berechnungsverfahren zur Auswahl gestellt sowie Anforderungen an die Repräsentativität und Dokumentation formuliert. Die folgenden vier Berechnungsverfahren stehen gemäß den Mindestanforderungen für die Ermittlung der Umlaufzahlen zur Verfügung, von denen zwei angewendet werden sollten:

- ▶ Bestandsrechnung
- ▶ Produktionsrechnung auf Grundlage der Zukäufe
- ▶ Produktionsrechnung auf Basis der Verluste
- ▶ Lebensalterrechnung

Für die **Ermittlung der Distributionswege** werden Anforderungen an die Repräsentativität, das Vorgehen bei der Ermittlung der Entfernung (Distribution, Redistribution und Leerfahrten) sowie an die Datenerhebung und Dokumentation gemacht.

Hinsichtlich der **qualitativen und quantitativen Beschreibung der Prozessmodule** (Detzel, Abschnitt 6.4.4) werden verschiedene Datentypen definiert (1. Ordnung und 2. Ordnung) (Abschnitt 6.4.4.1) sowie eine grundsätzliche Unterscheidung von Datenquellen für die Modellierung von Prozessdaten (Abschnitt 6.4.4.2) zwischen primären Vordergrunddaten, sekundären Vordergrunddaten und Hintergrunddaten. Basierend darauf wird festgelegt, welche Datentypen mit welchen Datenarten bedient werden können.

Die Dokumentation und Validierung der Prozessdaten (Anschnitt 6.4.4.3) muss entlang der folgenden drei Kriterien erfolgen:

- ▶ Gültigkeit für durchschnittliche deutsche Verhältnisse,
- ▶ methodische Konsistenz und
- ▶ Gültigkeit für den Untersuchungsgegenstand.

Für die **Allokation in der Sachbilanz (Detzel et al. 2016, 6.4.5)** werden Festlegungen für die

- ▶ Prozessallokation (durch die Studienbearbeiter sowie in vorgefertigten Datensätzen),
- ▶ Transportallokation und
- ▶ Handhabung von Koppelprodukten auf Systemebene gemacht.

Das Thema der Allokation in den Mindestanforderungen sowie die Umsetzung in dieser Studie wird im nachfolgenden Abschnitt 3.2.2.2 im Detail erörtert.

Abschließend werden im Abschnitt 6.4.6 für jede der verpflichtend zu berücksichtigenden Wirkungskategorien detaillierte Anforderungen an die Behandlung und Dokumentation der **Daten zur Berechnung der Wirkungsindikatoren** gestellt.

### **3.2.1.5 Wirkungsabschätzung**

In Abschnitt 6.5 werden Vorgaben hinsichtlich der verbindlichen (Klassifizierung und Charakterisierung) (Abschnitt 6.5.1) und optionalen (Normierung) Bestandteile (Abschnitt 6.5.2) einer Ökobilanz nach ISO 14040/44 gemacht sowie für die Darstellung der Ergebnisse (6.5.3).

Für die Klassifizierung der Sachbilanzergebnisse und deren Charakterisierung in Wirkungskategorie-Indikatoren werden Festlegungen für alle nach Mindestanforderungen zwingend zu betrachtenden Wirkungskategorien gemacht (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.5.1).

Die **Normierung** ist für alle Wirkungskategorien und berücksichtigten Sachbilanzparameter vorzunehmen (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.5.2). Die Ergebnisse müssen in einer geeigneten Weise im Bericht dargestellt werden.

Hinsichtlich der **Darstellung** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.5.3) der Ergebnisse der Wirkungsabschätzung sind alle betrachteten Wirkungskategorien und auszuwertenden Sachbilanzparameter für alle Verpackungssysteme in geeigneter Weise graphisch und tabellarisch darzustellen. Es sind zudem Sektorenanalysen bzgl. der folgenden Lebenswegabschnitte vorzunehmen:

- ▶ Rohstoffgewinnung (primäres und sekundäres Material)
- ▶ Packstoffproduktion
- ▶ Packmittelproduktion
- ▶ Abfüllung
- ▶ Ende-des-Produktlebensweges (EoL)
- ▶ Transporte
- ▶ Lasten aus der Verwertung
- ▶ Lasten aus der Beseitigung
- ▶ ggf. Allokation von Sekundärnutzen von Verwertungsprozessen
- ▶ ggf. Allokation von Sekundärnutzen von Beseitigungsprozessen

### 3.2.1.6 Auswertung

Die Auswertung muss gem. Mindestanforderungen alle untersuchten Szenarien und Sensitivitätsanalysen berücksichtigen.

Die **Beurteilung** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.6.2) muss eine

- ▶ **Vollständigkeitsprüfung**,
- ▶ eine Diskussion aller durchgeföhrten **Sensitivitätsanalysen** und
- ▶ eine **Konsistenzprüfung** beinhalten.

Zusätzlich sind spezifische Aspekte hinsichtlich wesentlicher Systemparameter zu berücksichtigen und zu diskutieren, z. B.

- ▶ Schwierigkeiten bei der empirischen Umsetzung der Abgrenzung der **Getränkesegmente** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.6.3);
- ▶ der Einfluss möglicher Erhebungsfehler bei den **Packmittelgewichten** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.6.4);
- ▶ Einbezug von Korridoren bei der Betrachtung von **Umlaufzahlen** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.6.5);

- ▶ spezielle Anforderungen an die Prüfung der ergebnisseitigen Bedeutung des Lebenswegabschnittes **Entsorgung** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.6.6) unter Berücksichtigung von potenziellen Unsicherheiten bei der Datengrundlage der Modellierung sowie
- ▶ ein zusätzliches Szenario für die Distribution, das von der durchschnittlichen Distributionsentfernung des Getränkesegments ausgeht.

Hinsichtlich der Diskussion der Entsorgungswege wird ein zweistufiges Prüfungsschema – unter Berücksichtigung der Ergebnisrelevanz des Lebenswegabschnittes und der Validität der Datengrundlage – festgelegt, um die Notwendigkeit einer Sensitivitätsanalyse der Entsorgungsquoten zu ermitteln. In einer Sensitivitätsanalyse sind sodann die Quoten zu überprüfen, indem eine pauschale Reduktion von 10 % angenommen wird.

Die Mindestanforderungen weisen ausdrücklich darauf hin, dass **freiwillige Zusatzauswertungen** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.6.8), die über die zuvor beschriebenen Mindestanforderungen hinausgehen, durchgeführt werden können, welche ein im Rahmen der Ziel- und Rahmendefinition definierten Erkenntnisinteresse adressieren. Durch solche Zusatzauswertungen können z. B. Ergebnisse bzgl. spezifischer Konsumsituationen, wie die Vorratshaltung oder der Sofortverzehr, abgeleitet werden.

Hinsichtlich der **Alllokation** ist eine Gesamteinschätzung in Bezug auf die Konsistenz des Umgangs mit Koppelprodukten in den verwendeten Datensätzen vorzunehmen und zu dokumentieren. Bei Ergebnisrelevanz sind zusätzliche Sensitivitätsanalysen durchzuführen und ggf. alternative Datensätze zu recherchieren.

Weiterhin erfolgt die verbal argumentative Auswertung der Ergebnisse gegliedert nach den verbindlichen **Wirkungskategorien**. Bzgl. der einzelnen Wirkungskategorien werden zahlreiche Einzelaspekte aufgeführt, die in der Auswertung zu berücksichtigen sind (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.6.10.1 bis Abschnitt 6.6.10.11).

Bezüglich der **optionalen Bestandteile der Wirkungsabschätzung** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.6.11) ist eine Normierung auf Grundlage der Jahresverbrauchsmenge im entsprechenden Getränkesegment vorzunehmen, tabellarisch und graphisch darzustellen und verbal argumentativ auszuwerten, wobei eine Beurteilung auf Grundlage des Abzählens der einzelnen Wirkungskategorien nicht zulässig ist.

Abschließend wird hinsichtlich **Schlussfolgerungen, Einschränkungen und Empfehlungen** (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.6.12) festgeschrieben, dass die Verdichtung von Daten nicht als Auswerteautomatismus missverstanden werden darf, alle im Zuge der Signifikanzprüfung identifizierten Einschränkungen transparent aufgelistet werden müssen und nicht intendierte Anwendungen der Ergebnisse zu benennen sind.

### **3.2.2 Festlegungen hinsichtlich der allgemeinen Bilanzierungs- bzw. Modellierungsmethodik**

Im Folgenden werden wesentlichen methodischen Festlegungen der Mindestanforderungen dahingehend betrachtet, ob diese im Rahmen einer prospektiven Betrachtung angewendet werden können. Nicht betrachtet werden Festlegungen hinsichtlich der Auswahl der Verpackungssysteme sowie bzgl. der Datengenese. Letztere sind Gegenstand der Arbeiten im zweiten Arbeitspaket und können dem entsprechenden Zwischenbericht entnommen werden.

Im Rahmen von Expertengesprächen und Diskussionen zwischen den Projektpartnern sowie zwischen den Projektpartnern und dem UBA wurden die folgenden Aspekte identifiziert, die vor

dem Hintergrund einer zukunftsgerichteten ökobilanziellen Betrachtung untersucht werden müssen:

- ▶ Die Aufnahme von Qualitätsaspekten der Verpackung in die **Funktionelle Einheit**
- ▶ Vorgaben hinsichtlich der **Allokation beim Open-Loop-Recycling und in der Distribution**
- ▶ Die Aufnahme von **zusätzlichen ökologischen Aspekten** im Rahmen der **Wirkungsabschätzung**
- ▶ Strategien der **Auswertung**

Im Folgenden werden für jeden dieser Aspekte die in den Mindestanforderungen getroffenen Festlegungen erläutert (jeweils in einer Textbox), vor dem Hintergrund des Ziels der Ökobilanz diskutiert und die Umsetzung im Rahmen der Ökobilanz beschrieben. Dabei gilt, dass Abweichungen von den Mindestanforderungen nur vorgeschlagen werden, wenn dies auf Grundlage der Analyse notwendig erscheint.

Einen weiteren Ansatzpunkt für die methodische Diskussion bietet neben den Mindestanforderungen (Detzel et al. 2016) die ökobilanzielle Betrachtung von Getränkeverbundkartons in Deutschland für die Getränkesegmente Säfte und Nektare sowie H-Milch und Frischmilch aus dem Jahr 2020 (Kauertz et al. 2020a). Die vom Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) durchgeführte Studie ist die erste Ökobilanz, die gemäß den Mindestanforderungen erstellt wurde und deren Einhaltung vom UBA bestätigt wurde (Umweltbundesamt 2021). Im Rahmen der Studie werden auch Vorschläge und Alternativen für in den Mindestanforderungen nicht klar definierte Aspekte erarbeitet (z. B. der Umgang mit inkorporiertem Kohlenstoff) und Anforderungen identifiziert, die aus anderen Gründen (z. B. mangelnde Datenverfügbarkeit) derzeit nicht sinnvoll umgesetzt werden können (z. B. Berücksichtigung verschiedener Wirkungskategorien).

### 3.2.2.1 Festlegung der Funktionellen Einheit

#### Mindestanforderungen

Die Funktionelle Einheit (FE) ist durch die Mindestanforderungen 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)“ (Detzel et al. 2016)*

Der Ort der letzten Handelsstufe ist definiert als:

*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)).*

Weitergehend fordern die Mindestanforderungen eine genaue Beschreibung der Leistungsmerkmale der untersuchten Getränkeverpackungssysteme (Funktion). Nicht berücksichtigte Funktionen müssen benannt und deren Auslassung begründet werden. Vor dem Hintergrund, dass es sich bei Ökobilanzen nach den Mindestanforderungen um vergleichende Betrachtungen handelt, ist die funktionelle Äquivalenz der untersuchten Primärverpackungen in den betrachteten Getränkesegmenten zu verdeutlichen.

Die FE ist der quantifizierte Nutzen eines Produktsystems, der für ökobilanzielle Analysen als Vergleichseinheit verwendet wird. Die FE muss im Einklang mit dem Ziel und Untersuchungsrahmen der Studie stehen (DIN EN ISO 14044; DIN EN ISO 14040). Alle im

Rahmen der Ökobilanz durchgeführten Analysen sowie die errechneten potenziellen Umweltwirkungen beziehen sich auf die FE. Ein solcher Bezugspunkt ist notwendig, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Ökobilanzen zu ermöglichen. Insbesondere bei vergleichenden Ökobilanzen muss daher sichergestellt werden, dass der Vergleich auf Grundlage derselben Funktion(en) vorgenommen wird. Es wird dann von „funktioneller Äquivalenz“ gesprochen.

In Bezug auf Verpackungsfunktionen haben die Arbeiten für die Mindestanforderungen (Detzel et al. 2016) gezeigt, dass es keine allgemeingültige Definition der Verpackungsfunktionen gibt. Die Beschreibung der Verpackungsfunktionen hängt von der Sichtweise des/der Betrachtenden ab. Im Wesentlichen können diese z. B. in den folgenden Kategorien zusammengefasst werden (Detzel et al. 2016):

- ▶ Schutzfunktion
- ▶ Informations- und Werbefunktion
- ▶ Anwendungstechnische Funktionen

Im Artikel 3 Absatz 1 des Verpackungsgesetzes (VerpackG) wird ebenfalls auf diese drei Funktionen verwiesen:

*„Verpackungen sind aus beliebigen Materialien hergestellte Erzeugnisse zur Aufnahme, zum Schutz, zur Handhabung, zur Lieferung oder zur Darbietung von Waren, [...]“*

Keine zwei Verpackungssysteme werden alle Verpackungsfunktionen im gleichen Maße erfüllen. Aus diesem Grund müssen für die wesentlichen Funktionen Anforderungsniveaus festgelegt werden, die Verpackungssysteme bei einem Vergleich erfüllen müssen. Wie im obigen Kasten dargestellt ist in den Mindestanforderungen die wesentliche Funktion die „*Bereitstellung von 1000 Litern Getränk in Gebinden bis zu einer Füllgröße von 10 Litern am Ort der letzten Handelsstufe*“ (Detzel et al. 2016). Darüber hinaus sind die Leistungsmerkmale der untersuchten Getränkeverpackungssysteme zu dokumentieren und die funktionelle Äquivalenz argumentativ zu verdeutlichen.

Kauertz et al. (2020a) legen die Anforderungsniveaus auf Grundlage der lebensmittelrechtlichen Anforderungen an die Verpackung sowie der Anforderungen des Handels an die notwendige Mindesthaltbarkeit des Füllgutes in der Verpackung fest. Die funktionelle Äquivalenz wird hier also dadurch belegt, dass alle innerhalb der betrachteten Getränkesegmente untersuchten Getränkeverpackungssysteme die rechtlichen Anforderungen sowie die Anforderungen des Handels an den Schutz des Füllgutes (z. B. Mindesthaltbarkeitsdaten) erfüllen. Durch die vorgenommene Einteilung in Getränkesegmente werden auch andere funktionale Aspekte außerhalb der FE adressiert, wie z. B. Druckfestigkeit/Gassperre (Einteilung in Getränke mit und ohne CO<sub>2</sub>) und Lagerfähigkeit (Einteilung in gekühlte und ungekühlte Getränke). Dieser Ansatz, dem Vorgehen nach Mindestanforderungen (Detzel et al. 2016) und Kauertz et al. (2020a) folgend, erscheint auch für diese Studie sinnvoll und geeignet zumal hier der Fokus auf der vergleichenden Betrachtung innerhalb verschiedener Optimierungsgrade eines Verpackungssystems liegt.

Im Zuge der Entwicklung der Mindestanforderungen wurden auch Überlegungen speziell dazu angestellt, ob Qualitätsaspekte der Verpackungssysteme im ökobilanziellen Vergleich berücksichtigt werden sollten (Detzel et al. 2016). Insbesondere wurde von Branchenvertreter\*innen gefordert, den Schutz des Füllgutes, bspw. mit der Mindesthaltbarkeit als Indikator, als eine wesentliche Verpackungsfunktion zu berücksichtigen (Deutsche Umwelthilfe (DUH) et al. 2014). Würden keine Qualitätsmaßstäbe in der FE definiert, könnte dies in einer vergleichenden Betrachtung dazu führen, dass Getränkeverpackungssysteme mit

geringerer Qualität (in Bezug auf die Schutzfunktion) begünstigt werden (Deutsche Umwelthilfe (DUH) et al. 2014). Dieser Einwand ist aus Sicht der Autoren\*Autorinnen zunächst grundsätzlich nachzuvollziehen und wurde in Diskussionen zwischen den Projektpartner\*innen sowie zwischen den Projektpartner\*innen und den Auftraggeber\*innen erneut aufgegriffen und geprüft.

Ziel dieser Studie ist, zu untersuchen, wie sich die Umweltwirkungen verschiedener Getränkeverpackungssysteme zukünftig darstellen, unter Veränderungen der Rahmenbedingungen und bei Ausschöpfen möglicher Optimierungspotenziale der Verpackungssysteme. Demnach liegt der Fokus auf dem Vergleich des jeweiligen Getränkeverpackungssystems mit demselben Verpackungssystem unter Annahmen bzgl. möglicher Optimierungen und Veränderungen der Rahmenbedingungen in den Zukunftsszenarien 2030 und 2045. Unterschiede in der Schutzfunktion der Verpackung bzw. des gewährleisteten MHDs können sich also nur aus den angenommenen Optimierungen ergeben und eine Berücksichtigung der Schutzfunktion wäre nur dann sinnvoll, wenn durch bestimmte Optimierungen (wie bspw. einer signifikanten Reduktion der Wandstärken) die Schutzfunktion der Verpackung signifikant beeinflusst wird.

Vor diesem Hintergrund sind die Autoren\*Autorinnen dieser Studie der Auffassung, dass in Bezug auf die FE nicht von den Mindestanforderungen abgewichen werden sollte. D. h., die derzeitige Formulierung der FE wird beibehalten. Jedoch sollten mögliche Veränderungen in der Funktion der Verpackungssysteme auf Grund von Optimierungen – wie ebenfalls in Detzel et al. 2016 vorgesehen – transparent beschrieben werden. Dies gilt insbesondere für mögliche Veränderungen der Mindesthaltbarkeit (z.B. auf Grund von Optimierungen hinsichtlich des Materialeinsatzes), soweit Informationen diesbezüglich vorliegen.

### 3.2.2.2 Allokation

Die Mindestanforderungen sehen bzgl. Allokation vor, dass eine attributive Ökobilanzierung und keine Systemraumerweiterung mit Nutzenkörben erfolgt. Spezielle Anforderungen bestehen hinsichtlich der Allokation in der Distribution zwischen Verpackung und Füllgut, der Allokation von Multi-Input und Multi-Output Prozessen sowie zur Systemallokation beim Open-Loop-Recycling.

#### 3.2.2.2.1 Systemallokation beim Open-Loop-Recycling

##### Mindestanforderungen

Für die Systemallokation beim Open-Loop-Recycling sehen die Mindestanforderungen im Basisansatz eine 50:50 Allokation vor. Ergänzend sind in Sensitivitätsanalysen die beiden Extremmodelle 100:0 und 0:100 Allokation zu betrachten.

**Hinsichtlich der Substitutionsfaktoren werden folgende Festlegungen getroffen:**

Stoffgleiche Substitution (Bsp.: rPET ersetzt Primär-PET; rAlu ersetzt primäres Aluminium)

- ▶ Es ist zusätzlich ein Substitutionsfaktor zu bestimmen und zu begründen.
- ▶ Bei einem Recycling unter Erhalt der Wertigkeit des Materials ist der Substitutionsfaktor = 1
- ▶ Bei einem Recycling ohne Erhalt der Wertigkeit des Materials ist der Substitutionsfaktor < 1
- ▶ der Substitutionsfaktor wird mit dem Allokationsfaktor multipliziert

Nicht stoffgleiche Substitution (Bsp.: rPET ersetzt Stahl; Mischkunststoff (MKS) ersetzt Holz)

- ▶ Die Annahmen zu den ausgewählten Substitutionsprozessen und damit zusammenhängenden Gutschriften sind zu begründen.
- ▶ Es ist zusätzlich ein Substitutionsfaktor zu bestimmen und zu begründen.
- ▶ Der Substitutionsfaktor wird mit dem Allokationsfaktor multipliziert.

Die Allokation auf Systemebene ist notwendig, wenn das betrachtete Produktsystem nach dem Gebrauch einen weiteren Nutzen erbringt, der nicht in der FE abgebildet ist. Ein einschlägiges Beispiel hierfür stellt die Verwertung von PET-Flaschen dar, wenn das PET-Rezyklat in einem anderen als dem ursprünglichen Produktsystem verwendet wird, wie z.B. für die Herstellung von Polyester-Fasern für Bekleidung. In diesem Fall wird von einem „Open-Loop-Recycling (offener Kreislauf) gesprochen (Kauertz et al. 2020a).

Für den Fall eines Open-Loop-Recyclings sehen die Mindestanforderungen eine Allokation von systembedingten Kuppelprodukten nach der „50:50“-Methode vor (Detzel et al. 2016). Nach dieser Methode werden die Lasten und der Nutzen für die Sekundärmaterialaufbereitung im Verhältnis 50:50 zwischen dem abgebenden und dem aufnehmenden System aufgeteilt. Am Beispiel von PET-Flaschen besteht bei einem werkstofflichen Recycling der Nutzen darin, dass primäres PET aus Erdöl ersetzt wird. Dieser nutzen wird dem PET-Getränkeverpackungssystem mittels einer Gutschrift angerechnet. Die Gutschrift entspricht 50 % des Masseanteils der substituierten Herstellung von primärem PET (Kauertz et al. 2020a).

Ergänzend zu der vorgesehenen Standardmethode sind zur Beurteilung der Ergebnisrelevanz des Allokationsverfahrens gemäß den Mindestanforderungen Sensitivitätsanalysen vorgesehen, in denen die Lasten und der Nutzen der Sekundärmaterialbereitstellung vollständig dem abgebenden System (100:0) bzw. dem aufnehmenden System (0:100) gutgeschrieben werden (Detzel et al. 2016).

Allokationsfaktoren lassen sich nicht allein mit wissenschaftlichen Erwägungen begründen. In deren Festlegung fließen immer auch Werthaltungen ein. So sind z.B. in Abhängigkeit vom gewählten Verfahren bestimmte Lenkungswirkungen zu erwarten: Bei der 50:50-Methode wird dem abgebenden und dem aufnehmenden System der gleiche ökobilanzielle Anreiz zu verstärktem Recycling bzw. der Verwendung von Sekundärmaterialien gegeben. Wird hingegen die 100:0-Methode angewendet, liegt der Nutzen der Sekundärmaterialaufbereitung vollständig beim abgebenden System, wodurch auch der entsprechende Anreiz für verstärktes Recycling fast vollständig beim abgebenden System liegt (Kauertz et al. 2020a).

### Nähere Beschreibung der Allokationsmethoden

Für die detaillierte Beschreibung der Allokationsmethoden wird auf die folgenden zwei Abbildungen Bezug genommen, die die Allokationsansätze stark vereinfacht darstellen.

Bei der **50-%-Methode** werden die Vorteile und Belastungen der Materialherstellung des Produktsystems A („MP-A“), der Aufbereitung des Sekundärmaterials im Zuge des Recyclings („Rec-A“) sowie die Beseitigung des aus Produkt A zurückgewonnenen Materials im nachgelagerten Lebenszyklus des Produktsystems B („MVA-B“) paritätisch zwischen den Produktsystemen A und B aufgeteilt („50:50-Methode“). Dementsprechend wird dem System A eine Gutschrift von 50 % für die im System B vermiedene Materialherstellung („MP-B“) zugewiesen sowie eine Gutschrift bzw. Lastschrift von 50 % der im Produktsystem B stattfindenden Abfallbehandlung („MVA-B“).

Die 50:50 Allokation wurde im Kontext des Open-Loop-Recyclings viel diskutiert (Fava et al. 1991; Frischknecht 1998; Klöpffer 1996; Kim et al. 1997) und ist laut Klöpffer (2009) allgemein als "faire" Aufteilung zwischen zwei gekoppelten Systemen akzeptiert (Kauertz et al. 2020a).

Diese Regel ist der Standardansatz für vom UBA in Auftrag gegebene Verpackungsökobilanzen und wurde auch in zahlreichen von den Auftragnehmenden bearbeiteten Ökobilanzen angewendet. Sie ähnelt zudem dem in den europäischen Leitlinien für den ökologischen Fußabdruck von Produkten (PEF) beschriebenen Verfahren (vgl. Textbox) (Kauertz et al. 2020a; Detzel et al. 2016).

### Aktuelle methodische Entwicklungen: Der *Product Environmental Footprint (PEF)* und die *Circular Footprint Formular (CFF)*

Der PEF ist eine vergleichsweise junge Methode für die multikriterielle und lebenszyklusbasierte Modellierung und Bewertung der Umweltauswirkungen von Produkten und Dienstleistungen, dessen Entwicklung weiterhin andauert. Ausgangspunkt für die Entwicklung des PEF bilden verschiedene Standards wie beispielsweise die einschlägigen ISO-Normen (DIN EN ISO 14044; DIN EN ISO 14040), der Ecological Footprint (Global Footprint Network 2009) oder das International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook (Joint Research Centre 2011). Mit dem PEF verfolgt die Europäische Kommission das Ziel, verschiedene Methoden der Ökobilanz-gestützten Bewertung von Produkten und Dienstleistungen zu vereinheitlichen (Finkbeiner et al. 2018). Die Arbeiten befinden sich nach der 2018 abgeschlossenen Pilotphase derzeit in der Übergangsphase („Transition Phase“), in der weitere produktgruppenspezifische Regeln festgelegt werden („Product Environmental Footprint Category Rule (PEFCR)“) und die in die Finalisierung der Methode münden soll (KOM 2024). Die PEFCR geben für die jeweiligen Produktgruppen konkrete methodische Vorgaben vor und dienen dazu, eine Vergleichbarkeit verschiedener Studien (nach PEF Methodik) zu gewährleisten (Finkbeiner et al. 2018).

Im Rahmen der Entwicklung des PEF durch die Europäische Kommission wurde auch ein Vorschlag für den Umgang mit Multifunktionalität beim Recycling, der Wiederverwendung und der energetischen Verwertung gemacht, der im Zuge der Pilotierungsphase (2013-2018) in die CFF weiterentwickelt wurde (Finkbeiner et al. 2018). Die CFF gilt im Rahmen des PEF produktgruppenübergreifend und bezweckt somit eine Standardisierung der Allokation am Ende des Lebenszyklus.

Wie auch bei anderen Allokationsansätzen kommen im Rahmen der CFF Faktoren zur Anwendung, nach denen der Nutzen und die Lasten der Verwertungsprozesse auf das betrachtete und das nachgelagerte Produktsysteme aufgeteilt werden. Im Fall einer stofflichen Verwertung erlaubt die Methodik des CFF Allokationsfaktoren zwischen 0,2 und 0,8 (Zampori und Pant 2019) (entsprechend zwischen einem 20:80 und 80:20-Ansatz in der zuvor verwendeten Logik). Die Extremmodelle 100:0 und 0:100 bzw. 1 und 0 werden somit ausgeschlossen, um immer sowohl den Aspekt der Recyclingfähigkeit als auch den Aspekt der Verwendung von Sekundärmaterialien zu berücksichtigen (Zampori und Pant 2019). Die Festlegung des Faktors wird auf Grundlage der spezifischen Marktsituation getroffen (Zampori und Pant 2019):

- ▶ Geringes Angebot recyclingfähiger Materialien bei gleichzeitig hoher Nachfrage: 0,2 (Fokus liegt auf der Recyclingfähigkeit am Ende des Lebensweges)
- ▶ Hohes Angebot recyclingfähiger Materialien bei gleichzeitig geringer Nachfrage: 0,8 (Fokus liegt auf dem Einsatz von Sekundärrohstoffen)
- ▶ Ausgeglichenes Verhältnis zwischen Angebot und Nachfrage: 0,5 (Gleicher Anreiz für das Recycling und den Einsatz von Sekundärrohstoffen)

Gemeinsam mit der Berechnungsmethode werden (in Annex C) anwendungsspezifische und materialspezifische Standardwerte vorgegeben. Sind für den spezifischen Fall keine Standardwerte verfügbar, ist der Allokationsfaktor 0,5 anzuwenden. Im Fall einer energetischen Verwertung ist

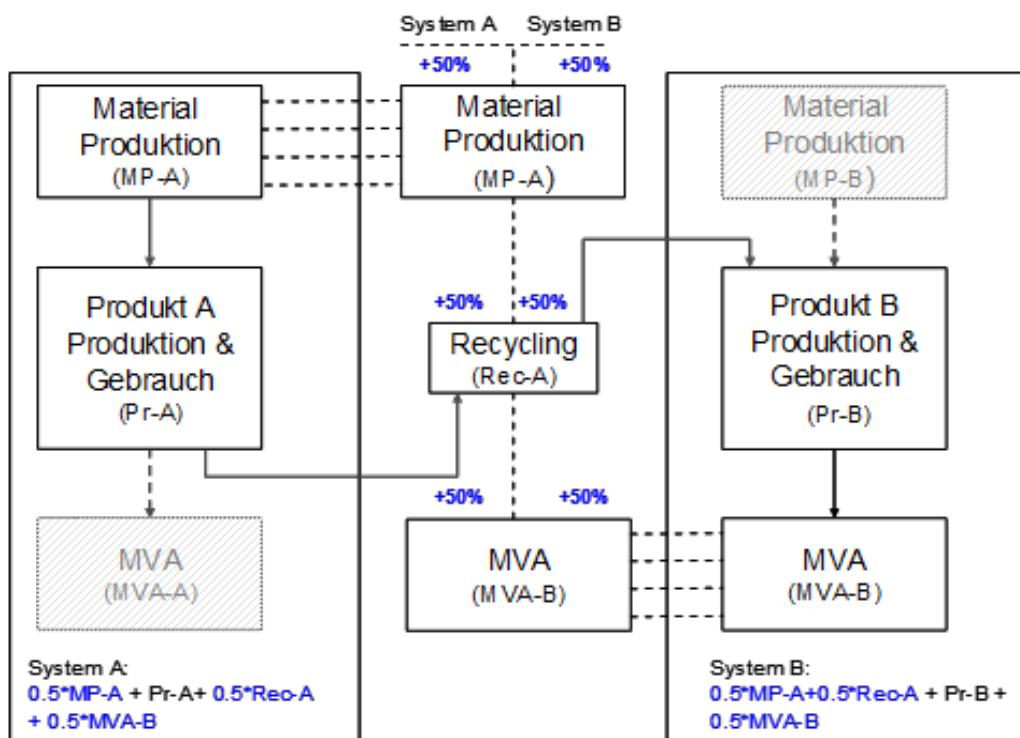
gemäß den CFF gleichbleibend der Allokationsfaktor 0 zu verwenden (entsprechend dem 0:100-Ansatz) (Zampori und Pant 2019).

Kritik an der CFF Formel bezieht sich beispielsweise darauf, dass die gleiche Formel für stark unterschiedliche Produkte und Dienstleistungen angewendet wird, die jedoch oftmals charakteristische Eigenschaften haben, die bei einer Bewertung des Lebensweges berücksichtigt werden müssen (Finkbeiner et al. 2018). Weiterhin stehen auch die vom PEF-Leitfaden bereitgestellten Default-Werte in der Kritik (Finkbeiner et al. 2018). In Anbetracht dieser Herausforderungen ist im Zuge der „Transition-Phase“ (bis 2024) eine Überarbeitung der CFF vorgesehen (Finkbeiner et al. 2018).

In Bezug auf das hier durchgeführte Vorhaben sehen die Autoren\*Autorinnen keinen Vorteil in der Anwendung der CFF-Methode. Mehrere Gründe sprechen gegen eine Verwendung:

- ▶ Auch wenn die einschlägigen ISO-Normen einen bedeutenden Teil der Entwicklungsgrundlage des PEF bilden, entspricht der Untersuchungsrahmen einer PEF-Betrachtung nicht der einer ISO-konformen Ökobilanz. Somit sind Studien die auf Grundlage des PEF-Leitfadens durchgeführt werden nicht ISO-konform (Finkbeiner et al. 2018).
- ▶ Auch die CFF steht in Konflikt mit den einschlägigen ISO-Normen, da im Rahmen eines Closed-Loop-Recyclings keine vollständige (100 %) Zuweisung der Gutschrift erfolgen darf, sondern maximal 80 % (Finkbeiner et al. 2018).
- ▶ Derzeit existieren keine speziellen Vorgaben in Form von PEFCRs für Getränkeverpackungssysteme. Studien die ohne entsprechenden PEFCR durchgeführt werden, sind gemäß dem PEF-Leitfaden einzig für die interne Verwendung geeignet, nicht aber für die Kommunikation nach außen (Finkbeiner et al. 2018).
- ▶ Auch bei der CFF erfolgt die Festlegung der Allokationsfaktoren nicht allein auf Grundlage von wissenschaftlichen Erwägungen, sondern beinhaltet Wertevorstellungen.

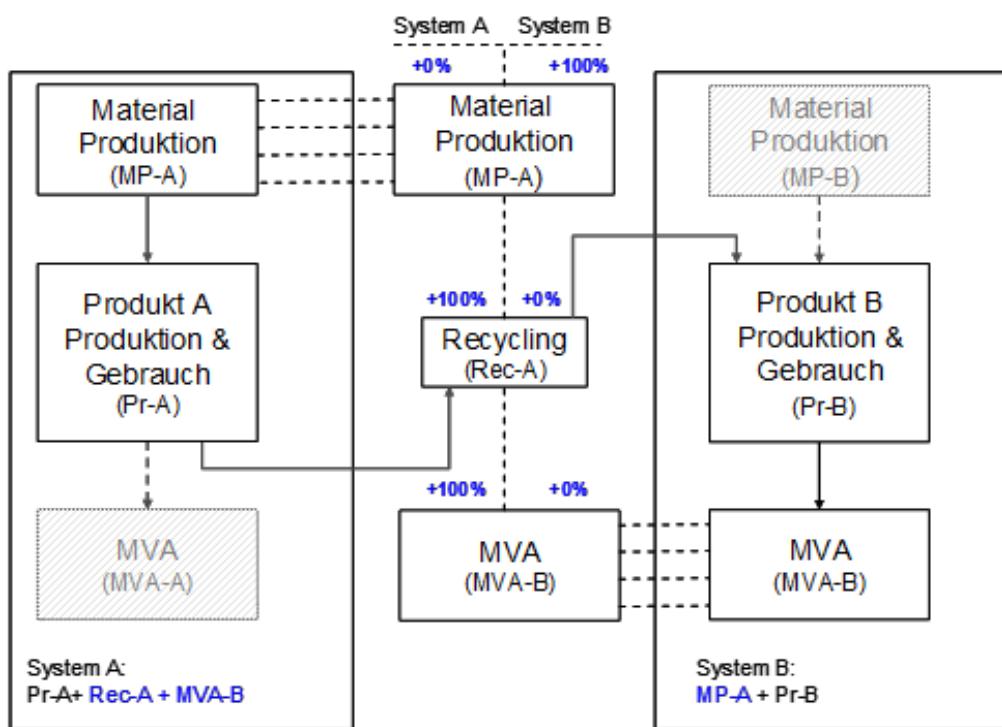
Abbildung 18: 50 % Allokations-Ansatz



Quelle: © ifeu, zuletzt publiziert in Kauertz et al. 2020a

Wird die **100%-Methode** angewendet, wird dem Produktsystem A jeglicher Nutzen für den Ersatz des Primärmaterials und dessen Produktionsprozesses („MP-B“) zugeschrieben (vgl. untenstehende Abbildung). Gleichzeitig werden dem Produktsystem A alle aus der Herstellung des Sekundärrohstoffs („Rec-A“) sowie die durch die Abfallbehandlung von Produkt B in „MVA-B“ anfallenden Belastungen zugeordnet. Die Abfallbehandlung von Produkt A wird vermieden und weder dem Produktsystem A noch dem Produktsystem B angelastet (Kauertz et al. 2020a).

Entsprechend werden bei einer Betrachtung des Produktsystems B die mit dem Produktionsprozess „MP-A“ im Zusammenhang stehenden Lasten dem System B zugeschrieben. Die Lasten aus dem Aufbereitungsprozess des Sekundärmaterials („Rec-A“) sowie die Lasten aus der Abfallbehandlung des Produktsystems B werden nicht dem Produktsystem B zugeordnet, da sie bereits im Produktsystem A berücksichtigt werden (Kauertz et al. 2020a).

**Abbildung 19: 100 % Allokations-Ansatz**

Quelle: © ifeu, zuletzt publiziert in Kauertz et al. 2020a

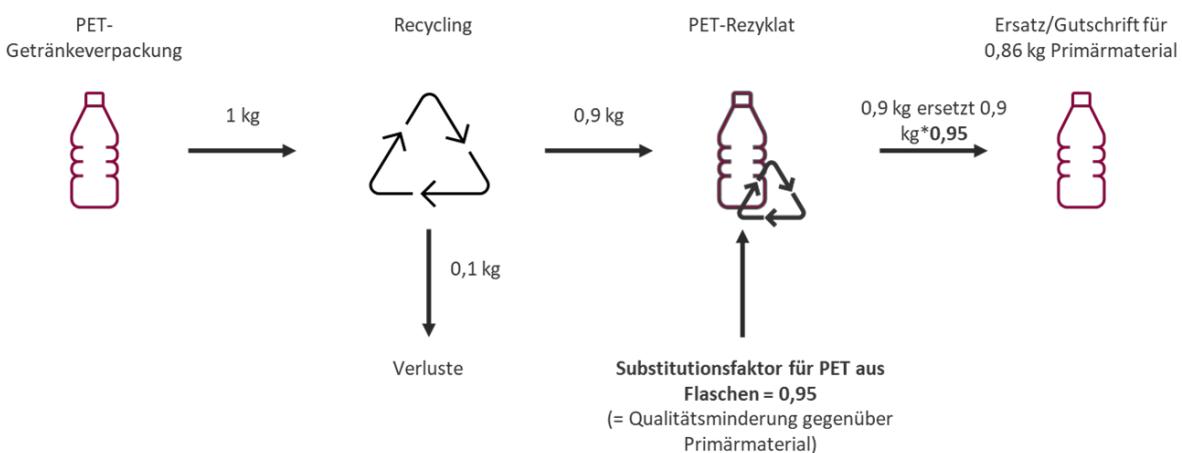
Im Rahmen der prospektiven Betrachtung können die Allokations- und Systemraummodelle der Mindestanforderungen weiterverwendet werden. Dabei ist es notwendig, dass die jeweiligen Gutschriftensysteme für die prospektiven Szenarien sachgerecht abgeleitet werden. Das heißt, dass der Materialersatz immer stoffgleich zu erfolgen hat. Z.B. muss eine Kunststoffverwertung des Jahres 2045 Kunststoffe des Jahres 2045 ersetzen und eine energetische Verwertung des Jahres 2045 den Strom- und Wärmemix des Jahres 2045.

Die Allokationsfaktoren werden auf Massenbasis angewendet (d. h. die Umweltbelastungen des Recyclingprozesses werden mit der Gesamtlast multipliziert mit dem Allokationsfaktor berechnet) und zusätzlich mit einem Substitutionsfaktor kombiniert:

$$\text{Menge Verwertungsoutput (Material und Energie)} * \text{Allokationsfaktor} * \text{Substitutionsfaktor} = \\ \text{Menge ersetztes Primärmaterial/Primärenergieträger}$$

Der Substitutionsfaktor berücksichtigt so genannte „Down-Cycling“-Effekte. Diese beschreiben einen Recyclingprozess, aus dem Sekundärrohstoffe von geringerer Qualität (i.V.z. den Primärmaterialien) entstehen. Relevante qualitative Aspekte sind z.B. die technischen Eigenschaften und Färbung des Sekundärmaterials. Der Substitutionsfaktor gibt somit an, welche Menge des Sekundärmaterials eine bestimmte Menge an Primärmaterial ersetzt. Ein Substitutionsfaktor von 0,8 bedeutet also, dass 1 kg Sekundärmaterial 0,8 kg Primärmaterial ersetzt. Entsprechend ergibt sich die zu vergebende Gutschrift. Ein Substitutionsfaktor < 1 drückt also aus, dass es zu einem Down-Cycling kommt.

Nicht zu verwechseln ist der Substitutionsfaktor mit Materialverlusten, die während des Recyclings entstehen. Die folgende vereinfachte Beispielrechnung stellt dies dar:

**Abbildung 20: Abgrenzung des Substitutionsfaktors von der Effizienz des Recyclingprozesses**

Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol); Der verwendete Wert für die Verluste im Rahmen des Recyclingprozesses sowie der Substitutionsfaktor dienen lediglich als Beispiel und beruhen nicht auf wissenschaftlichen Untersuchungen.

Für die prospektive Betrachtung ist unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen (AP1/RESCUE Szenarien) und je nach konkreter (zukünftiger) Ausgestaltung der Entsorgungs- und Verwertungswege bzw. -ketten zu prüfen, ob die in Kauertz et al. 2020a und weiteren Vorläuferstudien verwendeten Substitutionsfaktoren angepasst werden müssen (vgl. Tabelle 5).

**Tabelle 5: In Kauertz et al. 2020a verwendete Substitutionsfaktoren zur Berechnung der Gutschriften für Recyclingmaterialien**

Material	Substitutionsfaktor
Papierfasern aus LPB (kartonbasierte Primärverpackung)	0,9
Papierfaser in Kartonschalen (Umverpackung)	0,9
LDPE aus Folien	0,94
PET aus Flaschen (Bottle-to-Bottle-Recycling)	1,0
HDPE aus Verschlüssen	0,9
PP	0,9
PA	0,8
PVA	0,8
PS	0,9
Glas aus Flaschen	1,0
Aluminium	1,0
Weißblech	1,0
Holz	1,0
PET/PP/PE/PS (Produktionsabfälle)	1,0

Quelle: Kauertz et al. (2020a); Die Angaben beruhen auf Experteneinschätzungen des Der Grüne Punkt – Duales System Deutschland GmbH aus dem Jahr 2003. Der Faktor für PET wurde seither auf 1,0 angehoben, da auf Grund von technischem Fortschritt ein Bottle-to-Bottle-Recycling möglich ist.

Im Bereich der Verwertung ist zu erwarten, dass es in den nächsten Jahren und Jahrzehnten zu deutlichen Veränderungen kommt. Sowohl die mengenmäßige Kreislaufführung (durch Wiederverwendung, Vorbereitung zur Wiederverwendung und stoffliche Verwertung) als auch die Qualität der stofflichen Verwertung (Steigerung der Rezyklatqualität mit dem Ziel der 1:1 Substitution von Primärmaterial) sind Ziele, denen in den einschlägigen politischen Programmen und Strategien eine entscheidende Rolle zukommt. Ein derzeit viel diskutierter Verwertungsweg, der zukünftig eine größere Rolle spielen könnte, ist beispielsweise das chemische oder rohstoffliche Recycling. Hierzu zählen Verfahren wie die Pyrolyse, Vergasung oder Verflüssigung (Vogel et al. 2020). Ein gemeinsamer Vorteil dieser Verfahren ist die Möglichkeit des breiten Einsatzes der aus diesen Prozessen rückgewonnenen Rohstoffe (Vogel et al. 2020). In Bezug auf Getränkeverpackungen ist ein solches Verfahren insbesondere in Hinblick auf das hochwertige Recycling von Verschlüssen, Etiketten und Banderolen potenziell relevant. Inwieweit das chemische Recycling oder andere Verfahren in den Optimierungsszenarien zu berücksichtigen sind, ist Gegenstand der Betrachtungen von AP 2 und wurde im Abschnitt „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ dokumentiert.

Für die Herleitung der Substitutionsfaktoren existieren verschiedene methodische Ansätze. Diese basieren z. B. auf Experteneinschätzungen oder werden auf Basis von Marktwerten errechnet (Andreasi Bassi et al. 2020). Das im Rahmen der Product Environmental Footprint (PEF) Methode angewendete Verfahren für die Allokation von Gutschriften aus Recyclingprozessen („Circular Footprint Formula (CFF)“) berücksichtigt Qualitätsverluste auf Grundlage einer „Quality Ratio“, die sich entweder aus dem Verhältnis des Marktwertes des Sekundärmaterials zum Marktwert des Primärmaterials ergibt oder – wenn ökonomische Aspekte im speziellen Kontext von geringer Bedeutung sind – auf Grundlage von physikalischen Aspekten abgeleitet wird (Europäische Kommission 2018). Der Einsatz von Marktwerten ist dabei insbesondere bei hochwertigen Kunststoffrezyklaten so starken Preisschwankungen unterworfen, dass ein solcher methodischer Ansatz hier kaum zielführend sein kann.

In diesem Kontext wurde die Anpassung der Substitutionsfaktoren für die folgenden Materialien diskutiert:

- ▶ HDPE (Verschlüsse)
- ▶ LDPE (Folie)
- ▶ PP/OPP/BOPP (Verschlüsse, Sicherungsband und Etiketten)
- ▶ PE (Verschlüsse)

Jedoch sind bis zum Jahr 2030 keine Entwicklungen absehbar, die die Verwertungssituation so weit beeinflussen könnten, dass sie die bereits hohen Substitutionsfaktoren (zw. 0,9 und 1,0 für die genannten Materialien) nennenswert beeinflussen könnten. Auch für das Szenario 2045 wurden die Substitutionsfaktoren nicht variiert. Ferner ist davon auszugehen, dass aufgrund des geringen Optimierungsspielraums bei den Substitutionsfaktoren auch der ergebnisseitige Einfluss gering ist.

### 3.2.2.2 Umgang mit inkorporiertem Kohlenstoff

#### Mindestanforderungen

Die Mindestanforderungen legen bezüglich des inkorporierten Kohlenstoffs auf der Ebene der Sachbilanz fest, dass biogener und fossiler Kohlenstoff getrennt ausgewiesen werden müssen und dass auf eine geschlossene Kohlenstoffbilanz zu achten ist.

Materialien aus erneuerbaren Rohstoffen wie Papierfasern oder biobasierte Kunststoffe stammen aus nachwachsender Biomasse, die während des Wachstums durch Photosynthese Kohlenstoff aus der Atmosphäre binden. Im Rahmen der Bilanzierung muss ein Vorgehen definiert werden, um die Aufnahme von Kohlenstoff aus erneuerbaren Materialien sowie dessen Emission am Ende der Lebensdauer (hier bezeichnet als „CO<sub>2</sub>-regenerativ“) zu modellieren und zu berechnen. Grundsätzlich sind zwei verschiedene Methoden denkbar:

- ▶ Biogener Kohlenstoff wird in der Bilanz als „CO<sub>2</sub>-neutral“ gewertet. Die Aufnahme von Kohlenstoff während des Pflanzenwachstums wird nicht bilanziert, dafür wird die Freisetzung der Kohlestoffe in oxidierter oder anderer Form am Lebensende nicht in der Wirkungskategorie Klimawandel gewertet. Dieses Verfahren kommt auch im Rahmen des PEF zur Anwendung (siehe vorheriger Abschnitt). Der Vorteil dieser Methode liegt in der stets geschlossenen Kohlenstoffbilanz. Als nachteilig wird empfunden, dass in den Bilanzergebnissen der Verbrennung von biobasiertem Material keine sichtbaren Umweltlasten zugeordnet werden. Dadurch kann in Verbindung mit der gewählten Allokationsmethode in der Ergebnisdarstellung der Eindruck entstehen, dass eine werkstoffliche Verwertung mit höheren Umweltlasten einhergeht als die thermische Verwertung. Langjährige Erfahrung der Autoren\*Autorinnen im Bereich der Ökobilanzierung zeigt, dass diese Art der Ergebnisse häufig unsachgerecht interpretiert wird.
- ▶ In der Bilanz wird die Aufnahme von Kohlenstoff während des Pflanzenwachstums bilanziert und in der Ergebnisdarstellung als negativer Beitrag dem System „gutgeschrieben“. Dafür werden die Treibhausgasemissionen aus der thermischen Verwertung des biobasierten Materials in der Wirkungskategorie Klimawandel vollständig bewertet. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass die Umweltlasten den Lebenswegabschnitten zugeordnet werden, in denen sie auch stattfinden (hier: CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Schornstein einer Abfallverbrennung). Problematisch an dem Ansatz ist, dass die 50%-Allokationsmethode der thermischen Verwertung dazu führt, dass die Kohlenstoffbilanz nicht vollständig geschlossen ist. Die Gutschrift für den inkorporierten Kohlenstoff ist größer als die Summe der Emissionen. Eine Aufteilung der Gutschrift entsprechend dem Faktor der Systemallokation führt dazu, dass die Gutschrift in Abhängigkeit der Verwertungsquote angepasst werden muss. In der Praxis führt dies zu der Situation, dass die Gutschrift umso kleiner ausfällt, je mehr Material eine werkstoffliche Verwertung erfährt.

Derzeit besteht kein wissenschaftlicher Konsens über die anzuwendende Methode. Auch die Mindestanforderungen enthalten keine konkreten Festlegungen zu diesem Punkt jenseits der Aussage, dass biogener und fossiler Kohlenstoff getrennt ausgewiesen werden müssen und dass auf eine geschlossene Kohlenstoffbilanz zu achten ist.

Vor diesem Hintergrund soll in der vorliegenden Studie regeneratives CO<sub>2</sub> genauso behandelt werden wie andere Ressourcen und Emissionen: Die CO<sub>2</sub>-Aufnahme während der Wachstumsphase der Pflanze wird in negativen GWP-Werten und die (Wieder-)Emission am Ende der Lebensdauer in positiven GWP-Werten ausgerückt. Das gleiche Verfahren wird in Kauertz et al. (2020a) angewendet. Durch das UBA wurde bestätigt, dass dieses Vorgehen aufgrund fehlender Vorgaben den Mindestanforderungen gerecht wird und diesen nicht widerspricht (Umweltbundesamt 2021). Weiterhin entspricht der Ansatz auch den Anforderungen der DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044, da die Massenbilanz der Inputs und Outputs des CO<sub>2</sub>-regenerativ von 'System A' und 'System B' zusammengenommen gleich bleibt.

Problematisch ist jedoch, dass die Kohlenstoffbilanz erst im Rahmen der 100%-Allokationsmethode geschlossen ist. Neuere Ökobilanzen (bspw. Kauertz et al. 2020a) arbeiten daher mit dem Ansatz, dass die 50% und die 100%-Allokationsmethode als gleichberechtigte Allokationsmethoden in den Basisszenarien geführt werden. Dieses Vorgehen entspricht jedoch nicht den Mindestanforderungen. Diese sehen den 50%-Allokationsansatz explizit als Basisfall an und werten die 100%-Methode (100:0) oder 0%-Methode (0:100) nur als Sensitivitätsanalyse zur Überprüfung des Einflusses der methodischen Festlegung auf das Ergebnis des Verpackungsvergleichs. Da in dieser Studie aber nicht der Vergleich zwischen verschiedenen Verpackungssystemen im Fokus steht, sondern für definierte Verpackungssysteme prospektive Szenarien verglichen werden, ist die Frage nach der geschlossenen oder eben nicht geschlossenen Kohlenstoffbilanz weniger ergebnisrelevant. Aus diesem Grund kann aus Sicht der Autoren\*Autorinnen die 50%-Allokationsmethode im Basisfall beibehalten werden. Um die Diskussion im Rahmen der Studie dennoch sachgerecht führen zu können, wird zusätzlich die Wirkungskategorie Klimawandel als „GWP total“ und „GWP fossil“ (ohne biogenen Kohlenstoff) ausgewertet.

### 3.2.2.2.3 Allokation der Transportaufwendungen

#### Mindestanforderungen

Bei der transportbezogenen Allokation wird gemäß den Mindestanforderungen nur der Anteil der Verpackung, nicht aber der Anteil des Füllguts an der Umweltlast der Getränkendistribution berücksichtigt. Die Allokation der Lasten zwischen Verpackung und Füllgut erfolgt nach Masse.

Beim Transport handelt es sich um einen Koppelprozess, da das untersuchte Produkt gemeinsam mit einem anderen Produkt, dem Füllgut, transportiert wird. Gemäß den Mindestanforderungen wird nur der Anteil der Verpackung, nicht aber der Anteil des Füllguts an der Umweltlast der Getränkendistribution berücksichtigt. Eine Berücksichtigung des Füllgutes ist nach Auffassung der Autoren\*Autorinnen der Mindestanforderungen eine partielle Systemraumerweiterung, die nicht mit den Anforderungen der attributiven Ökobilanzierung eines Verpackungssystems (nicht des Produktsystems) in Einklang zu bringen ist (Detzel et al. 2016).

Der Fokus dieser Studie liegt zudem nicht auf dem Vergleich unterschiedlicher Getränkeverpackungssysteme. Ein Vergleich erfolgt vorrangig zwischen demselben Verpackungssystem im Basisszenario sowie in den Zukunftsszenarien 2030 und 2045, unter Berücksichtigung sich verändernden Rahmenbedingungen und dem Ausschöpfen möglicher Optimierungspotentiale. Das Berücksichtigen des Füllgutes führt dementsprechend nur zu geringfügigen Veränderungen im Vergleich der ökobilanziell gemessenen Umweltwirkung, da sich Unterschiede nur aus den berücksichtigten Optimierungspotentialen ergeben können. Vor diesem Hintergrund ist nach Auffassung der Autoren\*Autorinnen ein Abweichen von den Mindestanforderungen nicht gerechtfertigt. Aus dem Ziel einer zukunftsgewandten Betrachtung durchzuführen, lassen sich keine weiteren Argumente ableiten, von den Setzungen der Mindestanforderungen diesbezüglich abzuweichen.

Dennoch ist es wichtig, dass in einem entsprechenden Allokationsverfahren berücksichtigt wird, dass kein linearer Zusammenhang zwischen der transportierten Getränkeverpackungen und den aus dem Transportprozess resultierenden Umweltwirkungen besteht. Eine Verpackung kann auf Grund ihrer individuellen Beschaffenheit dazu führen, dass die gleiche Menge an Füllgut (= funktionelle Einheit) auf mehr Fahrzeugen transportiert werden muss. Ein solcher Effekt bleibt jedoch unberücksichtigt, wenn die Ergebnisse auf Grundlage von Tonnenkilometer (tkm) hoch- bzw. runtergerechnet werden.

Beispielhaft für ein Allokationsverfahren, welches den Anforderungen von Detzel et al. (2016) gerecht wird und gleichzeitig den verpackungsbedingten Auslastungsgrad des Transportmittels berücksichtigt, ist das in der Studie „Ökobilanz für Getränkeverpackungen II“ (Plinke et al. 2000) angewendete Verfahren, welches auch in Kauertz et al. (2020a) zur Anwendung kommt. Auf Grundlage der Verpackungsspezifikationen und den Stapelplänen wird für jedes Getränkeverpackungssystem der individuelle Auslastungsgrad im Transportmittel sowie der Anteil des Füllgutes und des Verpackungssystems ermittelt. Bei einer verpackungsbedingten Unterauslastung fahren so rechnerisch mehr LKW. Die dem Verpackungssystem zugeschriebene Umweltbelastung fällt entsprechend höher aus. Tendenziell führt dieser Ansatz dazu, dass bei leichten Verpackungssystemen größere Anteile der Transportlasten auf das Füllgut übergehen, während bei schwereren und kleinlängigen Systemen ein höherer Anteil der Lasten der Verpackung zugewiesen wird.

In Bezug auf die Allokation in der Distribution wird nicht von den Mindestanforderungen abgewichen. Der von Plinke et al. (2000) und Kauertz et al. (2020a) verwendete Ansatz wird dafür weiterverfolgt. Dieser ist in Abschnitt 3.3.5.3 im Detail ausgeführt.

### **Exkurs: Bedeutung der Berücksichtigung des Füllgutes in der Bilanzierung**

Um die Ergebnisrelevanz der Allokationsentscheidung in der Distribution zu untersuchen, erfolgt im Unterabschnitt „Ergänzende Auswertung“ ein Exkurs, in dem exemplarisch die Umweltlast des Füllgutes an der Distribution berücksichtigt wird. Die Ergebnisse für die Umweltwirkungskategorie Klimawandel (fossil) werden nach Distribution Verpackung, Distribution Füllgut und andere Lebenswegabschnitte aufgeschlüsselt und erlauben damit die Auswertung hinsichtlich des Anteils des Füllgutes an der gesamten Umweltlast sowie im Vergleich zum Verpackungsanteil.

### **3.2.2.3 Wirkungsabschätzung**

#### **3.2.2.3.1 Verbindliche Bestandteile**

##### **Mindestanforderungen**

Die Mindestanforderungen beinhalten eine Liste an Wirkungskategorien, die im Rahmen von Getränkeverpackungskobilanzen zu betrachten sind:

- ▶ Ressourcenbeanspruchung als: WP<sub>KRA</sub><sup>1</sup>: Verlustpotenzial Materialressourcen in kg-e und WP<sub>KEA</sub><sup>2</sup>: Verlustpotenzial Energieressourcen in MJ-e
- ▶ Naturraumbeanspruchung als Naturfernpotenzial NFP in m<sup>2</sup>-e\*a
- ▶ Süßwasserbeanspruchung als Wasserverknappungspotenzial WVP in m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O-e
- ▶ Klimawandel als Global Warming Potential GWP100 in kg CO<sub>2</sub>-e
- ▶ Stratosphärischer Ozonabbau als Ozone Depletion Potential ODP in kg CFC-11-e
- ▶ Photochemische Oxidantienbildung/Sommersmog als Maximum Incremental Reactivity MIR in kg O<sub>3</sub>-e
- ▶ Eutrophierung und Sauerstoffzehrung als aquatisches und terrestrisches Eutrophierungspotenzial EP<sub>aquatisch</sub> und EP<sub>terrestrisch</sub> in kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-e

<sup>1</sup> Kumulierter Rohstoffaufwand

<sup>2</sup> Kumulierter Energieaufwand

- ▶ Versauerung als Versauerungspotenzial AP in kg SO<sub>2</sub>-e
- ▶ Ökotoxizität als: Ecotoxicity freshwater (CFFreshwater ecotox) in CTUe
- ▶ Humantoxizität als: Human Toxicity Potential non cancer (HTPnon cancer) in CTUh, Human Toxicity Potential cancer (HTPcancer) in CTUh sowie Krebsrisikopotenzial (CRP) in kg As-e
- ▶ Toxische Schädigung von Menschen durch Feinstaub als Aerosol Formation Potential AFP in kg PM<sub>2,5</sub>-e
- ▶ Toxische Schädigung von Menschen durch ionisierende Strahlung als Potenzial ionisierender Strahlung Nuclear Energie (IRP-NE: Ionizing Radiation Potential Nuclear Energy), in Person-Sv

Weiterhin werden für jede der benannten Wirkungskategorien detaillierte Anforderungen an die Daten für die Berechnung der Wirkungsindikatoren definiert. Die Datenqualität ist bereits während der Sachbilanz-Phase der Ökobilanz kritisch zu reflektieren. Die Symmetrie der Datenverfügbarkeit ist insbesondere bei vergleichenden Ökobilanzen eine zentrale Anforderung.

Die in den Mindestanforderungen enthaltene Liste an Wirkungskategorien stellt den damaligen Sachstand der Diskussion dar. Vor diesem Hintergrund ist sie in den Augen der Autoren\*Autorinnen dieser Studie als eine Defaultliste zu verstehen, von der im begründeten Einzelfall – beispielsweise bei methodischen Weiterentwicklungen – abgewichen werden kann. Im Rahmen der Auseinandersetzung mit den Mindestanforderungen wurde daher die Liste der Wirkungskategorien einer Prüfung unterzogen und mit dem UBA in Hinblick auf notwendige Adaptionen diskutiert.

Insbesondere wurde der Vorabauausschluss einiger Wirkungskategorien thematisiert, die erfahrungsgemäß wenig belastbare nummerische Ergebnisse produzieren. Die Voraussetzung, um diese Wirkungskategorien in einer Ökobilanz zu berücksichtigen, können nicht im Rahmen dieser Studie hergestellt werden. Dafür müssen insbesondere die entsprechenden Charakterisierungsfaktoren weiterentwickelt und die Datensätze in den Vorketten verbessert werden.

Zum Beispiel wurde in Kauertz et al. (2020a) von den Mindestanforderungen abgewichen. Es wurden Anpassungen für die Wirkungskategorien Ressourcenverbrauch, Süßwasserverbrauch und Human- und Ökotoxizität vorgenommen. Für den Ressourcenverbrauch wurde das „Abiotic Depletion Potenial“ (ADP) nach CML 2013 anstelle des KRA verwendet. Für die Wirkungskategorie Süßwasserverbrauch wurde vereinfachend auf den Wasserverbrauch zurückgegriffen. Das USEtox Modell (HTPnon cancer, HTPcancer und CFFreshwater ecotox) wurde nicht verwendet. Alternativ wurden ausschließlich die ebenfalls in den Mindestanforderungen enthaltenen „traditionellen“ Humantoxizitätskategorien berücksichtigt: toxische Schädigung von Menschen durch ionisierende Strahlung als Potenzial ionisierender Strahlung Nuclear Energie, toxische Schädigung von Menschen durch Feinstaub als Aerosol Formation Potential AFP und das Krebsrisikopotenzial (CRP).

Für die Wirkungskategorien Naturraumbbeanspruchung, Wasserverbrauch und ionisierende Strahlung bestand in Kauertz et al. (2020a) zudem Zweifel an der Aussagekraft der Ergebnisse aufgrund der als unzureichend eingeschätzten Charakterisierungsmodelle sowie nichtbelastbarer Datensätze bezüglich der zur Verfügung stehenden Charakterisierungsmodelle. Diese Wirkungskategorien wurden in den weiteren optionalen Schritten der Wirkungsabschätzung, Normierung und Ordnung gemäß den Vorgaben der Mindestanforderungen nicht berücksichtigt.

Im Rahmen dieses Vorhabens soll der Liste der Mindestanforderungen weitgehend entsprochen werden. Vor dem Hintergrund der zuvor erläuterten Einschränkungen werden jedoch Abweichungen hinsichtlich der folgenden Wirkungskategorien als sinnvoll erachtet:

### **Human- und Ökotoxizitätskategorien**

Die Human- und Ökotoxizitätskategorien nach dem USEtox Modell (ausgegeben als CTUe/CTUh) sind oft Gegenstand einer Diskussion um die Belastbarkeit der Ergebnisse in Ökobilanzen. Dies ist zum Teil auf unvollständige Sachbilanzdaten und Datenasymmetrien zurückzuführen, beruht aber auch auf unvollständigen Methoden zur Wirkungsabschätzung und Unsicherheiten bei den Charakterisierungsfaktoren. Die in USEtox abgeleiteten Charakterisierungsfaktoren für organische Stoffe sind mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, die die Autoren\*Autorinnen mit einer Geometrischen Standardabweichung (GSD<sup>2</sup>) von bis zu 2.200 angeben (Rosenbaum et al. 2008). Die Dokumentation der toxischen Emissionen in den Modulen der Sachbilanz ist derzeit nicht einheitlich. Zum einen spiegeln die in den Prozessdaten enthaltenen toxischen Emissionen sowohl qualitativ als auch quantitativ nur einen kleinen Teil der möglichen toxischen Emissionen wieder. Zum anderen existieren Fälle, in denen toxische Emissionen sehr differenziert aufgenommen werden. Zudem werden in Datenbanken toxische Emissionen teilweise auf Grundlage einer unzureichenden Datenlage ergänzt. Diese führt bei der Betrachtung von ganzen Lebenswegen und nicht nur einzelnen singulären Prozessen zu einer erheblichen Datenasymmetrie (Detzel et al. 2016). In der Studie „Ökobilanzieller Vergleich von Getränkeverbundkartons mit PET-Einweg- und Glas-Mehrwegflaschen in den Getränkesegmenten Saft/Nektar, H-Milch und Frischmilch (FKN Ökobilanz 2018)“ (Kauertz et al. 2018) wurde dennoch entsprechend der Mindestanforderungen eine USEtox Auswertung inkl. der von den Mindestanforderungen geforderten Sensitivitätsanalyse der Charakterisierungsfaktoren für alle Verpackungssysteme durchgeführt. Die Mindestanforderungen besagen hierzu, dass die USEtox-Ergebnisse bei einer Ergebnisumkehr durch diese Sensitivitätsanalyse als nicht signifikant gelten und somit nicht in die Gesamtauswertung einfließen dürfen. Vor diesem Hintergrund wurde USEtox in der FKN Studie 2018 (Kauertz et al. 2018) und 2020 (Kauertz et al. 2020a) nicht weiter berücksichtigt. Wegen der beschriebenen Unsicherheiten auf Grund der unvollständigen Sachbilanzdaten und Datenasymmetrien sowie der lückenhaften Methoden zur Wirkungsabschätzung und Unsicherheiten in den Charakterisierungsfaktoren wird das USEtox Modell in dieser Studie nicht verwendet.

Weiterhin wird die Wirkungskategorie toxische Schädigung von Menschen durch ionisierende Strahlung als Potenzial ionisierender Strahlung Nuclear Energie (IRP-NE: Ionizing Radiation Potential Nuclear Energy, in Person-Sv) nicht berücksichtigt. Neben der sinkenden zukünftigen Bedeutung der Kernenergie in Deutschland spricht aus Sicht der Autoren\*Autorinnen gegen eine Aufnahme der Wirkungskategorie, dass bedeutende Datenasymmetrie in den Sachbilanzdaten außerhalb der Kernbrennstoffindustrie (z. B. Metallgewinnung, Erzabbau) bestehen. Das Charakterisierungsmodell von Frischknecht et al. (2000) adressiert allein die Emissionen aus dem Regelbetrieb der Kernbrennstoffindustrie zur Stromerzeugung in Atomkraftwerken. Die Anwendbarkeit der Methode auf Emissionen radioaktiver Stoffe aus anderen industriellen Prozessen als dem Kernbrennstoffkreislauf ist demnach begrenzt.

### **Ressourcenbeanspruchung**

In Bezug auf den KRA haben seit Detzel et al. (2016) keine methodischen Weiterentwicklungen stattgefunden, die zu einer Ausdifferenzierung von Charakterisierungsfaktor für den KRA (Kumulierten Rohstoffaufwand) geführt haben. Allerdings wurde basierend auf dem Projekt Ökoress I und Ökoress II eine Methode entwickelt, die eine Priorisierung der KRAs über eine Kritikalitätsbewertung vornimmt. Basierend auf dem priorisierten KRA findet eine verbal

argumentative Auswertung der Ressourcenbeanspruchung statt. Im Gegensatz zu dem in Kauertz et al. (2020a) verwendeten ADP, umfasst das Schutzziel der Kritikalitätsbewertung der KRAs nicht nur die Knappheit der Ressourcen für den Menschen, sondern auch das in Ökoress I und Ökoress II publizierte Umweltgefährdungspotential (UGP), welches das Risiko der Rohstoffkritikalität um den Umweltaspekt erweitert. Damit wird dem Grundsatz aus Detzel et al. (2016), dass „eine Charakterisierung [...] jedoch die Umweltrelevanz abbilden“ sollte, Rechnung getragen. Die Ressourcenbeanspruchung wird deshalb über einen priorisierten Kra berücksichtigt.

### Süßwasserbeanspruchung

In Anbetracht der methodischen Weiterentwicklungen seit der Veröffentlichung der Mindestanforderung wäre das Konsensmodell für einen Wasserknappheits-Fußabdruck auf Grundlage des „Available Water Remaining“ (AWARE) (Boulay et al. 2018) zu verwenden. Jedoch erfordert der AWARE-Ansatz Sachbilanzdaten pro Prozess hinsichtlich des spezifischen geografischen Standortes (Wasserteileinzugsgebiet), der Unterscheidung zwischen landwirtschaftlicher und nichtlandwirtschaftlicher Nutzung und der Menge des verbrauchten Wassers. Verbrauchtes Wasser wird in DIN EN ISO 14046 und Boulay et al. (2018) als der Teil der Wassernutzung definiert, der nicht in dasselbe Teileinzugsgebiet durch Verdunstung, Evapotranspiration, Produktinkorporation und Einleitung in ein anderes Einzugsgebiet abgegeben wird. Der Minimalanspruch für die Berechnung eines potenziellen Wasserverknappungspotentials ist eine transparente Input-/Output-Bilanz des Wassers, die vor allen Dingen die Information über die Rückführung in das gleiche Teileinzugsgebiet beinhaltet. Die in dieser Studie verwendeten Datensätze, insbesondere die Datensätze der Ecoinvent Datenbank, lassen keine Differenzierung hinsichtlich der Rückführung des Wassers in das gleiche oder ein anderes Teileinzugsgebiet zu. An dieser Stelle ist hervorzuheben, dass die Output-Flüsse in Ecoinvent keine separate Ausweisung von Turbinen- und Kühlwasser beinhalten. Aus diesem Grund wird die Süßwasserbeanspruchung nicht auf der Ebene der Wirkungsabschätzung berücksichtigt, sondern wie in Detzel et al. (2016) vereinfachend auf Sachbilanzebene in Form des Wasserverbrauchs.

Im Rahmen einer Vor-Analyse werden die Ergebnisse für die einzelnen Wirkungskategorien hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit für die Auswertung überprüft (vgl. Zwischenfazit für die ökobilanziellen Berechnungen sowie für die ergänzende Auswertung im Abschnitt „Ökobilanzierung“). Für die vollständige Beschreibung der aufgenommenen Wirkungskategorien und -indikatoren vgl. Abschnitt „Zusammenfassung der Modellierungsmethodik“.

Zudem hat das Umweltbundesamt in der Bewertung der Studie von Kauertz et al. (2020a) darauf hingewiesen, dass Schwierigkeiten bei der Quantifizierung von bestimmten Wirkungsindikatoren nicht dazu führen sollen, dass diese in der Interpretation der Ergebnisse nicht adressiert werden (Umweltbundesamt 2021). In der Interpretation sollen von daher auch die ggf. nicht quantifizierbaren Wirkungskategorien berücksichtigt werden.

#### 3.2.2.3.2 Zusätzliche ökologische Aspekte

Im Rahmen des Projektes werden auch ökologische Aspekte betrachtet, die in den Mindestanforderungen noch nicht berücksichtigt werden, die aber vor dem Hintergrund einer zukunftsgewandten Betrachtung in den Szenarien 2030 und 2045 an Bedeutung gewinnen könnten. Vor diesem Hintergrund wurde von den Auftragnehmenden vorgeschlagen, die Berücksichtigung von Mikroplastik- und Geräuschemissionen zu prüfen.

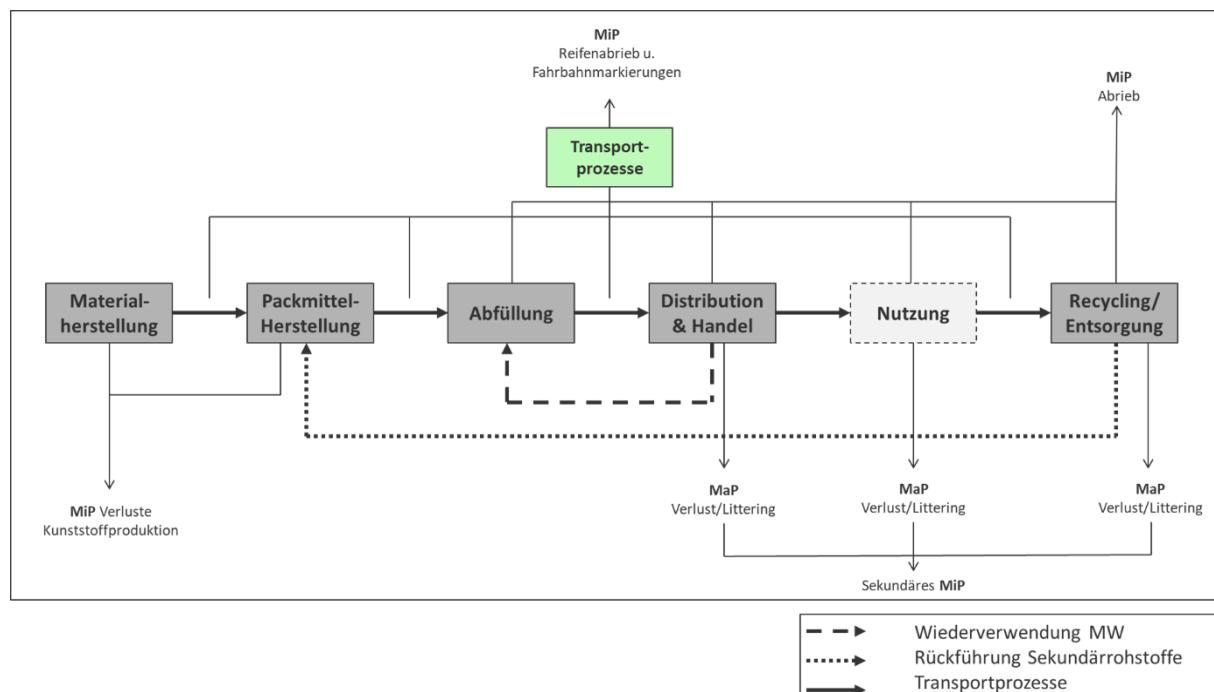
### 3.2.2.3.2.1 Mikroplastik

Mikroplastikeinträge in die Umwelt sind seit einigen Jahren ein zunehmend beachtetes und diskutiertes Umweltpproblem (z. B. Tekman et al. 2022). Während bzgl. der Wirkungen und Toxizität von Mikroplastik in der Umwelt noch Forschungsbedarf festzustellen ist (Salieri et al. 2021; Saling et al. 2020), ergibt sich aufgrund der Persistenz von Mikroplastik und dem Potenzial zur Bioakkumulation aus dem Vorsorgeprinzip heraus eine Notwendigkeit Einträge von Mikroplastik in die Umwelt zu minimieren (ECHA 2019; Maga et al. 2022) – auch vor dem Hintergrund, dass bzgl. der Eintragsmengen mittlerweile verschiedene Studien die Mengenrelevanz des Problems belegen (Jepsen et al. 2020; Bertling et al. 2018).

Unter Berücksichtigung des Stands der Forschung (bspw. Jepsen et al. 2020; Bertling et al. 2018; Bertling et al. 2021; Zhang et al. 2019; Peano et al. 2020) lassen sich folgende mögliche Emissionsquellen von Mikroplastik in Bezug auf Getränkeverpackungen identifizieren (vgl. schematische Darstellung in der folgenden Abbildung):

- ▶ Emissionen aus Transportprozessen (insbesondere Reifenabrieb und Abrieb von Fahrbahnmarkierungen)
- ▶ Verluste in den Vorketten der Kunststoffverpackungsproduktion (Transportverpackungskomponenten und Primärverpackungskomponenten)
- ▶ Abrieb von Kunststoffverpackungen entlang des gesamten Lebensweges
- ▶ Durch Zersetzung von Makroplastik (d.h. >5mm), nachdem eine Getränkeverpackung oder Verschlüsse durch den Konsumenten „gelittert“ wurden
- ▶ Direkt oder durch Zersetzung, nachdem eine Getränkeverpackung, Verschlüsse oder Teile davon auf Grund unsachgemäßer Handhabung im Zuge von Transportprozessen oder dem Abfallmanagement in die Umwelt eingetragen wird

**Abbildung 21: Mögliche Emissionsquellen von Mikroplastik entlang des Lebenszyklus einer Getränkeverpackung**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol); MiP = Mikroplastik Emissionen, MaP = Makroplastik Emissionen.

Das Problem des Litterings von Kunststoffverpackungen und -produkten durch Konsumenten und Konsumentinnen hat in den letzten Jahren besondere Aufmerksamkeit erfahren. Getränkebehälter, einschließlich der Verschlüsse und Deckel, gehören zu den 10 Einwegkunststoffartikeln, die am häufigsten als Meeresabfälle an europäischen Stränden gefunden werden, weshalb sie auch in der EU-Richtlinie über die Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt („Einwegkunststoffrichtlinie“ (EWKR)) adressiert werden. Auf Einwegkunststoffartikel entfällt Zählungen zufolge rund die Hälfte der an europäischen Stränden gefundenen Meeresabfälle. Die in der EWKR identifizierten Artikel halten daran einen Anteil von 86 %. Um dem entgegenzuwirken, verlangt die EWKR von den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union bis zum Jahr 2024 die Produktanforderung an Getränkebehälter, die in den Geltungsbereich der EWKR fallen, dahingehend anzupassen, dass zukünftig Deckel und Verschlüsse fest an Getränkeverpackungen befestigt sein müssen.

Um die Relevanz der verschiedenen Emissionsquellen bzw. -mechanismen entlang des Lebensweges von Getränkeverpackungssystemen zu beurteilen, sind nach dem Kenntnisstand der Autoren\*Autorinnen keine für diese Produktsysteme spezifischen Daten verfügbar. Jedoch zeigen die in der folgenden Tabelle dargestellten Schätzungen, dass sich alle Quellen für Mikroplastik entlang des Lebensweges von Getränkeverpackungen unter den zehn mengenmäßig wichtigsten Emissionsquellen in Deutschland befinden. Dazu zählen Emissionen aus Transportprozessen (Abrieb von Reifen und Fahrbahnmarkierungen), aus den Vorketten der Produktion von Kunststoffprodukten (Pelletverluste) sowie der Abrieb von Kunststoffverpackungen. Auch Emissionen aus der Abfallbehandlung sind demnach von Bedeutung. Die besondere Relevanz von Reifenabrieb als größte Quelle für Mikroplastikeinträge in die Umwelt wurde auch in anderen Studien bestätigt (Jepsen et al. 2020).

**Tabelle 6: Die Zehn mengenmäßig bedeutendsten Emissionsquellen von Mikroplastik in Deutschland nach Bertling et al. 2018**

Nr.	Quelle	Emission [g/Person*Jahr]
1	Abrieb Reifen	1229
2	Freisetzung bei der Abfallentsorgung	303
3	Abrieb Bitumen im Asphalt	228
4	Pelletverluste	182
5	Verwehung Sport- und Spielplätze	132
6	Freisetzung auf Baustellen	117
7	Abrieb Schuhsohlen	109
8	Abrieb Kunststoffverpackungen	99
9	Abrieb Fahrbahnmarkierungen	91
10	Faserabrieb ei der Textilwäsche	77

Quelle: Bertling et al. (2018)

Auch Makroplastikemissionen durch Littering – die den sekundären Mikroplastikemissionen aus der Zersetzung von Makroplastik vorgelagert sind – sind schwer zu ermitteln. Derzeitige Schätzungen sind deshalb mit hohen Unsicherheiten verbunden und adressieren nicht explizit Getränkeverpackungen (Bertling et al. 2018; Bertling et al. 2021).

Dabei ist es naheliegend, dass die Mikroplastik-Problematik für verschiedene Verpackungssysteme unterschiedlich relevant ist. Zum einen besteht eine hohe Relevanz für Kunststoffverpackungen, für die alle Eintragsmechanismen zum Tragen kommen. Aber auch bei Getränkeverpackungssystemen aus anderen Packstoffen (Glas, Aluminium etc.) werden Emissionen aus Transportprozessen sowie ggf. aus der Herstellung und dem Gebrauch von Transportverpackungskomponenten verursacht. Folgende Abbildung zeigt beispielhaft die Zusammenfassung der Verpackungsauswahl von insgesamt 24 Verpackungssystemen in dem Getränkeseegmenten Bier, Wasser und Erfrischungsgetränke bei einer Verdichtung von MW-Pool und MW-Individualflaschen sowie einer Zusammenfassung von getränkeübergreifend eingesetzten Verpackungen.

**Abbildung 22: Verpackungsauswahl**

		Einweg		Mehrweg							
		0,5 l PET EW ohne Kasten	0,5 l Alu Dose	0,5 l Glas MW Pool u. Ind.	0,33 l Glas MW Pool u. Ind.						
		inkl. Biermixgetränke und alkoholfreiem Bier									
<b>Getränkeübergreifend karbonisierte Getränke (<math>\Sigma</math> 11 Systeme)</b>											
		Einweg					Mehrweg				
1,5 l PET EW ohne Kasten	1,25 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW mit Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	0,33 l Alu Dose	0,25 l Alu Dose	1,0 l PET MW Pool u. Ind.	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.	0,7 l Glas MW Pool	0,5 l Glas MW Ind.	0,33 l Glas MW Ind.	
Wässer Erfrischg.	Wässer	Wässer	Wässer Erfrischg.	Erfrischg.	Erfrischg.	Wässer Erfrischg.	Wässer	Wässer	Erfrischg.	Erfrischg.	
<b>stille Getränke (<math>\Sigma</math> 9 Systeme)</b>											
		Einweg					Mehrweg				
1,0 l GKV	1,5 l PET EW mit Kasten	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW mit Kasten	1,0 l PET EW ohne Kasten	0,75 l PET EW ohne Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET MW Pool	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.			
Erfrischg.	Wässer	Wässer Erfrischg.	Wässer	Erfrischg.	Erfrischg.	Wässer Erfrischg.	Wässer	Wässer			

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Vor dem dargestellten Hintergrund erscheint eine Berücksichtigung von Mikroplastikemissionen in der prospektiven ökobilanziellen Betrachtung von Getränkeverpackungssystemen grundsätzlich sinnvoll.

### Derzeitige Bestrebungen Mikroplastik in ökobilanziellen Betrachtungen zu berücksichtigen

Das zunehmende Bewusstsein für das Umweltproblem „Mikroplastik“ hat auch Initiativen zu dessen ökologischer Bewertung und zur Integration in die Ökobilanzmethodik angestoßen. Die Integration von Mikroplastikemissionen in ökobilanzielle Betrachtungen hat insbesondere nach der Publikation der „Medellin Declaration on Marine Litter in Life Cycle Assessment and Management“ (Sonnemann und Valdivia 2017) an Fahrt aufgenommen (Nessi et al. 2021). In der im *International Journal of Life Cycle Assessment* publizierten Erklärung erkennen zahlreiche Ökobilanz-Praktiker\*innen an, dass die Umweltauswirkungen von Meeresmüll, Mikro- und Makroplastik in Ökobilanzen derzeit nicht ausreichend berücksichtigt werden und fordern größere Anstrengungen in Hinblick auf die Entwicklung von wissenschaftlich fundierten Methoden, um die Auswirkungen von Kunststoffemissionen in Ökobilanzen zu integrieren.

Schwierigkeiten bei der Berücksichtigung von Kunststoffemissionen in Ökobilanzen sind vielfältig, lassen sich jedoch unter den folgenden beiden Aspekten zusammenfassen:

1. Fehlende Daten auf Sachbilanzebene
2. Fehlende Methoden und notwendige Daten für die Wirkungsabschätzung

Im Folgenden werden aktuelle methodische Ansätze dargestellt, die diese Herausforderung adressieren.

### Bereitstellung von Daten auf Sachbilanzebene

In Hinblick auf die Herausforderung der fehlenden Daten auf Sachbilanzebene sind insbesondere zwei systematische Ansätze zu nennen, um Mikro- und Makroplastik Emissionen entlang des gesamten Lebensweges von Produktsystemen zu quantifizieren (Nessi et al. 2021):

- Das Plastic Leakage Project (PLP) (Peano et al. 2020)
- Green Delta PLEX (Ciroth und Kouame 2019)

Weitere wissenschaftliche Arbeiten fokussieren auf Verlustraten („leakage rate“) von Mikro- und Makroplastik, wie z. B. Civancik-Uslu et al. (2019) (angewendet in Stefanini et al. (2021)) und Chitaka und Blottnitz (2021), die den Verlust auf Produkt ebene betrachten, oder Amadei et al. (2022), die den Plastik Fußabdruck der Europäischen Union abschätzen. Die Ergebnisse werden jedoch nur teilweise mit Flüssen auf Sachbilanzebene verknüpft (Maga et al. 2022).

## *Plastic Leakage Project*

Von einer Multi-Stakeholder Initiative mit 35 Organisationen wurde im PLP eine erste Methode entwickelt, um Kunststoffemissionen entlang unternehmerischer Wertschöpfungsketten überschlägig zu berechnen und Hotspots aufzuzeigen. Es stellt den ersten und derzeit umfassendsten Ansatz zur Berücksichtigung von Kunststoffemissionen auf Sachbilanzebene dar (Nessi et al. 2021).

Das Modell von Peano et al. 2020 berücksichtigt die folgenden Aspekte vom ersten Verlust/Emission des Kunststoffes in der Technosphäre bis hin zum finalen Eintrag in verschiedene Umweltkompartimente (vgl. folgende Abbildung):

- ▶ Emission von Kunststoff (Makro- und Mikroplastik) in die Technosphäre aus verschiedenen Quellen (z.B. Emissionen in der Kunststoffherstellung und -verarbeitung, Reifenabrieb) in verschiedenen Lebenswegabschnitten des Produktsystems („initial loss“)
  - ▶ Transfer über verschiedene Pfade (z.B. Abwasser, Straßenentwässerung) in verschiedene Umweltkompartimente („initial release“/Eintrag)
  - ▶ Die Umverteilung des Makro-/Mikroplastiks zwischen verschiedenen Umweltkompartimenten bis hin zum finalen Eintrag in verschiedene Umweltkompartimente in denen das Makro-/Mikroplastik verbleibt („final release“)

**Abbildung 23:** Im PLP Modell berücksichtigte Aspekte



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol) auf Grundlage von Peano et al. (2020); Die englischen Begriffe „loss“, „transfer“, „initial release“, „redistribution“ und „final release“ wurden hier mit „Emission“, „Transfer“, „Eintrag“, „Umverteilung“ und „Finaler Eintrag“ übersetzt.

Mit der Umverteilung und des finalen Eintrages erfolgt auch eine Teilbetrachtung des Umweltschicksals der Kunststoffemissionen („fate“). Die Zersetzung des Kunststoffes in kleinere Partikel und damit auch die Entstehung von sekundärem Mikroplastik (z.B. aus gelitterten Getränkeverpackungen) wird nicht berücksichtigt. In einer Erweiterung des Modells wird jedoch der Abbau der eingetragenen Kunststoffe ansatzweise betrachtet (Peano et al. 2020).

In Bezug auf die zuvor erläuterten Emissionsquellen von Getränkeverpackungen berücksichtigt das PLP Modell somit die folgenden (vgl. folgende Abbildung):

- Makroplastik Emissionen am Ende des Lebenszyklus (EoL) durch Littering sowie durch die unsachgerechte Abfallbehandlung (jedoch keine sekundären Mikroplastikemissionen)

- Mikroplastikemissionen aus Transportprozessen (Reifenabrieb) und der Produktion von Kunststoffgranulaten entlang der (vorgelagerten) Wertschöpfungskette von Kunststoffprodukten

Der potenzielle Abrieb von z.B. Kunststoffverpackungen entlang des gesamten Lebensweges wird nicht berücksichtigt.

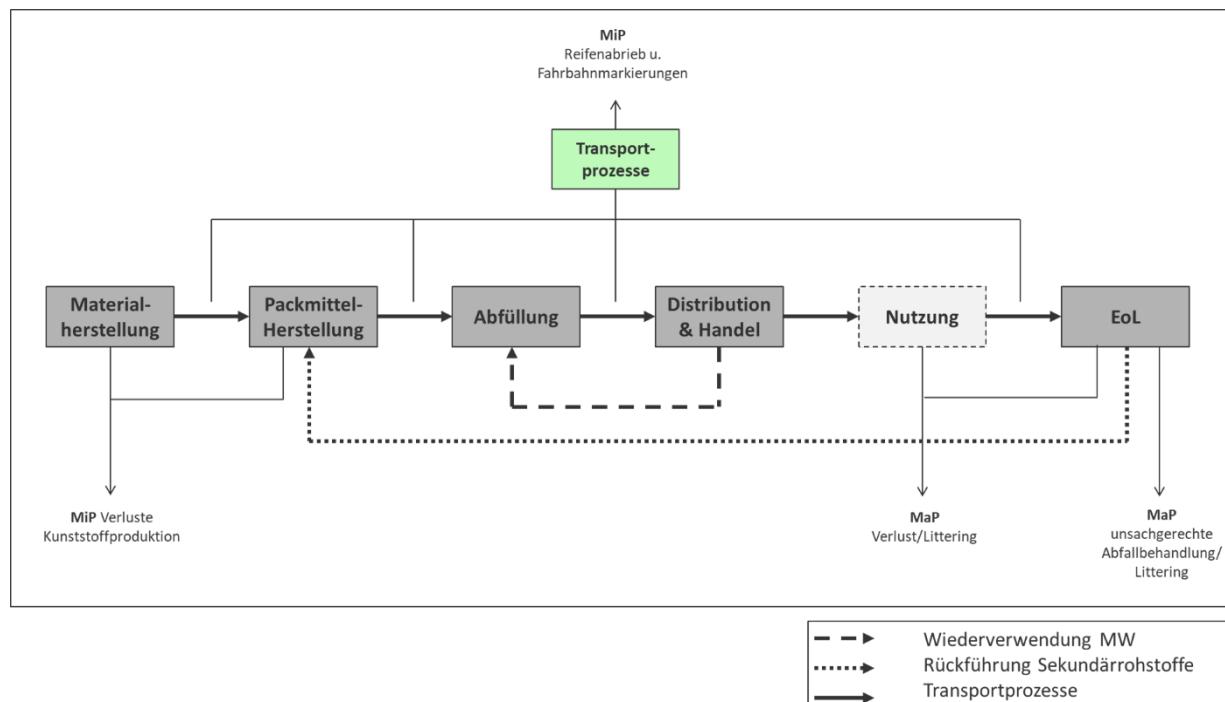
Peano et al. (2020) enthält entsprechende Berechnungsverfahren und generische Daten. So werden z.B. Standardwerte für eine Littering-Rate (zwischen 0 % und 5 %) auf Grundlage der Produktgröße geschätzt. Der Anteil des unsachgerecht behandelten Abfalls wird in Peano et al. (2020) landesspezifisch auf Grundlage von Daten der Weltbank bzgl. der Abfallwirtschaft abgeleitet.

In einer Erweiterung des Ansatzes („second level“/„expanded PLP method“) werden neben den Mikroplastikemissionen aus dem Reifenabrieb auch transportbedingte Emissionen durch Straßenbahnmarkierungen (Transport auf der Straße) sowie aus Schiffslacken (Transport auf dem Wasserweg) betrachtet. Die für die Berechnung verwendeten Daten und Berechnungsverfahren sind jedoch weniger belastbar als die für die Berechnung der Emissionen im Basisansatz.

Die von Peano et al. (2020) entwickelte Methode wird vom JRC empfohlen, um im Rahmen von Ökobilanzstudien zusätzliche Informationen neben den ökobilanziellen Ergebnissen bzgl. der Emissionen von Makro- und Mikroplastik bereitzustellen (Nessi et al. 2021). Inwiefern der Ansatz für vergleichende Produktökobilanzen Sinn ergibt, ist zu prüfen, da der Fokus des PLP auf der Analyse der Wertschöpfungsketten von Unternehmen und dem Aufzeigen von Verbesserungspotentialen liegt.

Insbesondere die Auswertestrategie des PLP über die Kunststoffemissionsrate (Plastic Leakage Potential) ist aus Sicht der Autoren\*Autorinnen der vorliegenden Studie kritisch zu hinterfragen, da das Endergebnis nicht mehr die absoluten Emissionen, sondern die relativen Emissionen in Bezug zum Kunststoffeinsatz darstellt. Für eine Betrachtung von Wertschöpfungsketten mit dem Ziel des Verbesserungspotentials ist dies eine zielführende Herangehensweise. Für vergleichende Produktökobilanzen würde dies allerdings eine Entkopplung von den absoluten Emissionen bedeuten und bei gleichen Marktstrukturen potenziell zu gleichen Ergebnissen für alle Verpackungen führen.

**Abbildung 24: Vereinfachte Darstellung der im Basisansatz der PLP-Methode berücksichtigten Makro- und Mikroplastikemissionen anhand des Systembildes für Getränkeverpackungen**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol); MiP = Mikroplastik Emissionen, MaP = Makroplastik Emissionen.

### GreenDelta PLEX Projekt

Ciroth und Kouame (2019) entwickeln im Rahmen des GreenDelta PLEX Projektes einen wahrscheinlichkeitstheoretischen Ansatz, um Littering in Ökobilanzen zu berücksichtigen. Ziel des Projektes ist es, eine Erweiterung für die gängige Ökobilanz-Datenbank ecoinvent bereitzustellen, sodass Berechnungen auf Grundlage der Datenbank Kunststoffemissionen entlang des Lebensweges in der Sachbilanz ausweisen (Maga et al. 2021).

Der Ansatz basiert auf den Wahrscheinlichkeiten aller in einem Datensatz enthaltenen Flüsse und Prozesse Teil eines Littering-Ereignisses zu sein. Zu diesem Zweck werden den Flüssen und Prozessen der ecoinvent 3.5-Datensätze Wahrscheinlichkeiten („littering event probability“) zugeordnet. Im Ergebnis steht die Summe der Emissionen der einzelnen Flüsse und Prozesse für einen bestimmten Datensatz als „plastic parts, small“. Größe, Form, Umweltkompartiment, in das die Emission erfolgt, sowie die Art des Kunststoffes werden nicht spezifiziert. Es werden ausschließlich die Gesamtemissionen für einen bestimmten Datensatz auf Sachbilanzebene quantifiziert.

Die vom Projekt angestrebte Erweiterung für Kunststoffemissionen, PLEX, soll in der LCA Software openLCA Nexus zur Verfügung gestellt werden. Die Erweiterung war zum Zeitpunkt der Recherche noch nicht in Betrieb und steht noch nicht für eine Anwendung zur Verfügung.

### Methodische Entwicklungen zur Wirkungsabschätzung von Mikroplastikemissionen

In Bezug auf die Wirkungsabschätzung von Makro- und Mikroplastikemissionen im Rahmen von ökobilanziellen Betrachtungen gibt es wenige kürzlich veröffentlichte Modelle, die jedoch weder vollständig noch hinreichend robust sind (Salieri et al. 2021; Saling et al. 2020). Grund dafür ist das derzeit noch unzureichende Verständnis der zugrundeliegenden Mechanismen des vollständigen Verbleibs, der Exposition und der nachfolgenden (physikalischen und

toxikologischen) Auswirkungen von in die Umwelt freigesetztem Makro- und Mikroplastik auf Ökosysteme und Menschen (Nessi et al. 2021).

Dabei kann in Ansätze differenziert werden, die potenzielle öko- und humantoxikologische Wirkung betrachten (Saling et al. 2020; Salieri et al. 2021) sowie vereinfachende Ansätze, wie z.B. über die Berechnung von Plastikäquivalenten, die ausschließlich die Akkumulation von Mikroplastik in der Umwelt berücksichtigen (Maga et al. 2022). Im Folgenden werden aktuelle Ansätze kurz erläutert.

Saling et al. (2020) entwickelten als Teil des MariLCA Projektes das erste Charakterisierungsmodell zur Wirkungsabschätzung von Meeresmüll in der marinen Umwelt (Salieri et al. 2021). Das MariLCA Projekt zielt darauf ab, einen methodischen Rahmen für die Berücksichtigung der potenziellen Umweltwirkungen von Meeresmüll in Ökobilanzen zu entwickeln (vgl. auch Boulay et al. 2021; Woods et al. 2021). Das von Saling et al. 2020 entwickelte Charakterisierungsmodell beruht auf der ökotoxikologischen Wirkung von Mikroplastik in marinen Ökosystemen. Berücksichtigt wird ausschließlich die physikalische Wirkung durch die Aufnahme von Kunststoffpartikeln durch Meereslebewesen. Weitere potenzielle Wirkungen durch z.B. Verfangen (physikalische Wirkung), in Kunststoffen enthaltene Stoffe/Additive (chemische Wirkung) oder durch die Funktion als Vektor für invasive Arten, werden auf Grund der unzureichenden Datengrundlage nicht berücksichtigt. Die Wirkung wird in einer separaten Wirkungskategorie „Marine Microplastic Potential (MMP)“ (in „pellet equivalents“) ausgewiesen. Einschränkungen dieser Methode resultieren aus einer Vielzahl von Annahmen und theoretischen Herleitungen. Zum Beispiel müssen große Datenlücken in Bezug auf die Fragmentierung und den biologischen Abbau von Polymeren in aquatischen Ökosystemen überbrückt werden. Laut der Autoren\*Autorinnen muss das Modell weiterentwickelt werden und bietet lediglich einen Startpunkt für weitere Diskussionen und methodische Entwicklungen.

Salieri et al. (2021) haben die ökotoxikologische Wirkung von Mikroplastik auf Süßwasser Organismen Grundlage des USEtox Modells untersucht. Das primäre Ziel der Studie war nicht, ein Charakterisierungsmodell zu entwickeln, sondern die Relevanz der Umweltwirkung von Mikroplastikemissionen in ökobilanziellen Bewertungen abzuschätzen. Dafür wurde vereinfachend ein vorläufiger Charakterisierungsfaktor für die Wirkungskategorie Ecotoxicity Freshwater berechnet ( $3231 \text{ PAF } \text{m}^3 \text{ d kg}^{-1}$ ). Die Ergebnisse zweier Fallbeispiele (HDPE Kunststoffflasche und Polyester T-Shirt), die im Rahmen der Studie untersucht wurden, zeigen, dass die Berücksichtigung der Mikroplastikemissionen einen geringen Einfluss auf die Ökobilanz-Ergebnisse haben. Die Autoren\*Autorinnen der Studie heben ähnliche Herausforderungen in Hinblick auf die Verfügbarkeit von Daten hervor wie Saling et al. (2020).

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Forschung und Entwicklung (BMBF) geförderten Forschungsprojektes **PlasticBudget** wird ebenfalls eine Methode entwickelt, um die potenzielle Wirkung von Makro- und Mikroplastik in Ökobilanzen abzubilden (publiziert in Maga et al. 2022). Vor dem Hintergrund der derzeitigen Herausforderung entwickelt das Projekt einen Ansatz auf Grundlage eines vereinfachten Charakterisierungsmodells, in dem der Schicksalsfaktor („Fate Factor“)<sup>3</sup> für eine erste Annäherung stellvertretend für den Charakterisierungsfaktor verwendet wird (Maga et al. 2022). Die Schicksalsfaktoren (ausgedrückt in kg „plastic pollution equivalent“ (PPe) pro kg emittiertem Kunststoff) für 24 Polymere werden auf Grundlage der Persistenz des jeweiligen Kunststoffes in verschiedenen Umweltkompartimenten hergeleitet. Demnach wird davon ausgegangen, dass das Risikopotential von Kunststoffen mit ihrer Persistenz in der Umwelt korreliert.

---

<sup>3</sup> Der „Fate Factor“ bezieht sich auf den Transport und die Umverteilung eines Kunststoffpartikels zwischen verschiedenen Umweltkompartimenten sowie den Abbau innerhalb der Umweltkompartimente.

In ihrer Begründung für dieses Vorgehen berufen sich die Autoren\*Autorinnen auf die Ausführungen der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) im Beschränkungsvorschlag für absichtlich zugesetztes Mikroplastik in Produkten (ECHA 2019), in dem argumentiert wird, dass derzeit nicht nachgewiesen ist, dass Mikroplastik eine signifikante negative Wirkung („significant adverse impact“) in der Umwelt hat. Gleichzeitig führt aber die Persistenz von Kunststoffen in verschiedenen Umweltkompartimenten sowie deren Tendenz zur Bioakkumulation dazu, dass jeglicher Eintrag in die Umwelt ein Risiko darstelle.

Jedoch bestehen auch bei der Umsetzung dieses Ansatzes zahlreiche Herausforderungen, wie z. B. Datenmangel bzgl. der Verteilung zwischen und Transport in verschiedenen Umweltkompartimenten (Transferkoeffizienten), unzureichende Informationen hinsichtlich langzeit-Abbauraten/Degradation von unterschiedlichen Kunststoffen in verschiedenen Umweltkompartimenten (insb. von konventionellen fossilen Polymeren wie PET und PP) sowie Schwierigkeiten den Abbau von Kunststoffen in verschiedenen Umweltkompartimenten zu bestimmen. Die Autoren\*Autorinnen weisen darauf hin, dass das entwickelte Modell lediglich einen ersten Anhaltspunkt für die Abschätzung potenzieller Risiken durch Kunststoffemissionen bieten kann. Die im Projekt hergeleiteten Charakterisierungsfaktoren (bzw. „Schicksalsfaktoren“) könnten zukünftig um Expositions faktoren<sup>4</sup> und Effektfaktoren<sup>5</sup> ergänzt werden, um das Modell mit existierenden (z. B. Human- oder Ökotoxizität) oder neuen Wirkungskategorien zu verknüpfen (Maga et al. 2022).

## Fazit

Auf Grundlage der vorherigen Ausführungen kann folgendes Fazit formuliert werden:

- ▶ Die Integration von Kunststoffemissionen und deren Umweltwirkung in die Ökobilanz im Rahmen der Wirkungsabschätzung ist nicht möglich. Zum einen sind die notwendigen Daten und Methoden auf Sachbilanzebene nicht verfügbar. Zum anderen existieren keine robusten Charakterisierungsmodelle. Letztere haben sich bisher zudem nur (und sehr eingeschränkt) mit der Wirkung von Kunststoffemissionen in aquatischen Ökosystemen beschäftigt. In Bezug auf die Wirkungsabschätzung stellt auch das JRC fest, dass bis dato keine Modelle für die Integration von Kunststoffemissionen in Ökobilanzen existieren und somit keine Empfehlung für die Wirkungsabschätzung gegeben werden können (Nessi et al. 2021).
- ▶ Das Umweltproblemfeld kann also nur neben den ökobilanziellen Ergebnissen als zusätzliche Information diskutiert werden. Als Diskussionsgrundlage können die Berechnungen zu Mikro- und Makroplastikemissionen basierend auf den Rechenvorschriften des PLP-Ansatzes (Peano et al. 2020) dienen. Basierend auf diesen Ergebnissen könnte zudem geprüft werden, ob die kürzlich in Maga et al. (2022) publizierten Fate-Faktoren für einzelne Kunststoffgruppen zu einem Erkenntnisgewinn beitragen können und deshalb angewendet werden sollten.

### 3.2.2.3.2.2 Lärm

Vor dem Hintergrund der Transformation des Energie- und Mobilitätssystems werden zukünftig andere Umwelteffekte in den Fokus rücken und gegenüber bisher dominanten Umweltwirkungen wie z. B. der Klimawirkung an Bedeutung gewinnen. Ein in diesem Zusammenhang diskutierter Umwelteffekt ist die Belastung durch Geräuschemissionen (Kauertz et al. 2020b).

---

<sup>4</sup> Der Expositionsfaktor bezieht sich auf die Wahrscheinlichkeit der Exposition von Menschen oder Organismen gegenüber der Kunststoffemission.

<sup>5</sup> Der Effektfaktor bezieht sich auf die potenzielle Wirkung der Kunststoffemission auf Menschen oder Organismen.

Mit dem Energiesystem im Zusammenhang stehende Geräuschemissionen beinhalten solche, die bei der Energiebereitstellung für die Strom- und Wärmeerzeugung, dem Transport von Gütern sowie in den Energievorketten entstehen. Dazu gehören z.B. die Betriebsgeräusche von Umwandlungsanlagen (z.B. Windenergieanlagen (WEA) oder thermische Kraftwerke) sowie auch Emissionen aus der Energiebereitstellung durch Motoren im Mobilitätssektor (Kauertz et al. 2020b). Verkehrsgeräusche im Mobilitätssektor (Straße, Schiene, Luftverkehr) beinhalten neben den vorgenannten Emissionen aus der Energiebereitstellung, insbesondere auch Abroll- und Bremsgeräusche sowie künstlich erzeugte Geräusche, die z. B. Elektrofahrzeuge bei geringem Tempo machen müssen (Kauertz et al. 2020b).<sup>6</sup>

Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien ist es wahrscheinlich, dass es zu einer zunehmenden Geräuschbelastung durch die Betriebsgeräusche von Energieerzeugungsanlagen kommen wird. Grund hierfür ist unter anderem der großflächige Ausbau von WEA (Kauertz et al. 2020b).

Im Bereich der Mobilität ist eine differenziertere Betrachtung notwendig. Während Motorengeräusche durch den Anstieg der Elektromobilität tendenziell abnehmen werden, hat die Elektrifizierung des Straßenverkehrs nur einen geringen Einfluss auf andere verkehrsbedingte Emissionen, wie die Abrollgeräusche. Motorengeräusche spielen nur bei geringen Geschwindigkeiten eine signifikante Rolle für die gesamte Geräuschbelastung. Bei höherem Tempo dominieren die Geräusche der Reifen (im Straßenverkehr) und Räder (im Schienenverkehr) (Kauertz et al. 2020b).

Die wachsende Relevanz des Umweltproblemfeldes „Lärm“, speziell aus dem Güterverkehr, zeigt sich auch an der hohen Bedeutung, die Kommunen dem Thema zuschreiben. Einer Online-Befragung des UBA unter ca. 800 Kommunen ab 20.000 Einwohner\*innen zum Handlungsdruck hinsichtlich der Umweltwirkungen der urbanen Logistik nach, stellt der lokale Güterverkehr eine besondere Herausforderung für Kommunen dar (Douglas et al. 2020)<sup>7</sup>. Treiber für die hohe Bedeutung ist unter anderem das steigende Verkehrsaufkommen der Kurier-, Express- und Paket-Branche (KEP), getrieben vom Online-Handel. Im Ergebnis rücken die Auswirkungen des städtischen Verkehrs auf Umwelt, Klima und Aufenthaltsqualität immer mehr ins Zentrum des politischen Handelns in Kommunen (Douglas et al. 2020). Die Berücksichtigung von Geräuschemissionen aus dem Energie- und Mobilitätssektor erscheint somit grundsätzlich sinnvoll.

Prinzipiell existieren auch heute schon erste methodische Vorüberlegungen zur Integration solcher Aspekte in die rechnerische Umweltbewertung einer Ökobilanz. Eine Abbildung und Bewertung der Geräuschemissionen wäre z. B. anhand des im UBA Vorhaben „Ableitung eines Indikatorensets zur Umweltverträglichkeit der Energiewende“ (FKZ 3715 43 101 0) (Kauertz et al. 2020b) entwickelten Modells möglich, in dem die Berücksichtigung der Geräuschemissionen des Energiesystems über den Indikator der Lärmbelastungspotenzialflächen (in km<sup>2</sup>), in denen 40dB(A) in der Nacht überschritten wird, erfolgt.

Zur Berechnung der Schallausbreitung wird in Kauertz et al. (2020b) das Modell der geometrischen Pegelabnahme entsprechend der technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm

---

<sup>6</sup> Verordnung (EU) Nr. 540/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. April 2014 über den Geräuschpegel von Kraftfahrzeugen und von Austauschschalldämpferanlagen sowie zur Änderung der Richtlinie 2007/46/EG und zur Aufhebung der Richtlinie 70/157/EWG sieht vor, dass alle Elektro- und Hybridfahrzeuge mit einem Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS) ausgestattet werden müssen, welches bei einer Geschwindigkeit >20 km/h mindestens einen Schalldruckpegel von 56 dB(A) verursacht.

<sup>7</sup> Im Rahmen der Kurzstudie führte das UBA eine Online-Befragung unter ca. 800 Kommunen ab 20.000 Einwohner\*innen zum Handlungsdruck hinsichtlich der Umweltwirkungen der urbanen Logistik und Gestaltungsmöglichkeiten für einen nachhaltigen städtischen Güterverkehr durch. Rund jede vierte Kommune in Deutschland mit mehr als 20.000 Einwohnern hat an der Umfrage teilgenommen.

(TA Lärm)<sup>8</sup> verwendet. Zur Berücksichtigung der Geräuschemissionen aus Transportprozessen kann ergänzend zum Vorgehen in Kauertz et al. (2020b) z. B. eine stark vereinfachende Berechnung auf Grundlage der in der Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen, Stand 2019, (RLS 19) (BMDV 2019) ausgewiesenen Grundwerte für die Geräuschemissionen einzelner Fahrzeugtypen erfolgen. Zu- und Abschläge für Streckenführung, Topografie, Straßentyp etc. würden in einem solchen Verfahren nicht berücksichtigt.

Der sich so berechnende Indikator bildet das Umweltproblemfeld „Lärm“ zwar eher ansatzweise ab, soll vor dem Hintergrund der zuvor beschriebenen, potenziell steigenden Bedeutung des Umweltproblemfeldes aber dennoch berechnet und ergänzend zu den ökobilanziellen Ergebnissen ausgewiesen werden. Auf Grund des vereinfachenden Charakters sowie der erstmaligen Anwendung im Umfeld einer Produktökobilanz, sind die Ergebnisse aber mit großer Sensibilität zu interpretieren. Die detaillierte Beschreibung der Methodik erfolgt in Abschnitt „Zusammenfassung der Modellierungsmethodik“.

### 3.2.2.4 Auswertungsstrategien

#### Mindestanforderungen

Nach den Mindestanforderungen muss die Auswertung verbal-argumentativ erfolgen und alle untersuchten Szenarien und Sensitivitätsanalysen berücksichtigen. Das festgelegte Vorgehen orientiert sich an den Vorgaben der DIN EN ISO 14040, wonach die Auswertung drei Aspekte berücksichtigen muss:

- ▶ Das Identifizieren signifikanter Parameter auf der Grundlage von Sachbilanz und Wirkungsabschätzung
- ▶ Die Beurteilung der Ergebnisse unter Berücksichtigung von Vollständigkeits-, Sensitivitäts- und Konsistenzprüfungen
- ▶ Schlussfolgerungen, Einschränkungen und Empfehlungen

Bei vergleichenden Betrachtungen werden **signifikante Parameter** auf Grundlage festgelegter Schwellenwerte identifiziert. Für auszuwertende Sachbilanzparameter und die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung ist ein Vorgabewert von 0,1 festgelegt. Unterschiede, die diesen Wert überschreiten, gelten als signifikant. Dabei handelt es sich um eine pragmatische Festlegung, die nicht wissenschaftlich zu begründen ist. Jedoch ist eine differenzierte Datenanalyse sehr aufwendig und zum Zeitpunkt der Entwicklung der Mindestanforderungen bot sie keine ausreichende Grundlage für eine robuste Unsicherheitsanalyse (Detzel et al. 2016). Aus diesem Grund ist für jede Wirkungskategorie eine Abschätzung der Angemessenheit des Schwellenwertes vor dem Hintergrund der Datelage vorzunehmen. In begründeten Fällen kann der Wert angehoben werden, wobei dies nicht dazu führen darf, dass alle Vergleichsaussagen insignifikant werden und in der Folge kein Unterschied zwischen den verglichenen Systemen festgestellt werden kann. In solchen Fällen muss die Datenlage verbessert werden.

Im Rahmen der **Beurteilung** muss die Datenvollständigkeit und -symmetrie zu allen Wirkungskategorien geprüft (Vollständigkeitsprüfung) und alle durchgeföhrten Sensitivitätsanalyse diskutiert werden (Sensitivitätsprüfung). Spezifische Anforderungen werden an die Durchführung von Sensitivitätsanalysen in Bezug auf einzelne Wirkungskategorien und die Allokation gestellt. Teil der Beurteilung ist auch die kritische Analyse, inwiefern die Annahmen, Methoden und Daten im

<sup>8</sup> Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503) geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5)

Einklang mit dem Ziel und dem Untersuchungsrahmen der Studie stehen (Konsistenzprüfung). Die Konsistenz ist sowohl innerhalb eines Produktsystems zu beurteilen sowie auch unter allen in einer Studie untersuchten Produktsystemen und Szenarien bei vergleichenden Betrachtungen. Dabei müssen die technischen, zeitlichen und geografischen Systemgrenzen berücksichtigt werden (Detzel et al. 2016).

Weitere spezielle Vorgaben werden bzgl. der Darstellung und Diskussion des Einflusses wesentlicher Systemparameter (Umlaufzahlen, Entsorgungswege etc.) sowie der Konsistenz der verwendeten Allokationsverfahren auf die Ergebnisse gemacht (vgl. Abschnitt 3.2.1.6). Zudem bestehen Anforderungen bzgl. zahlreicher Einzelaspekte, die im Rahmen der Auswertung einzelner Wirkungskategorien adressiert werden müssen (Detzel et al. 2016).

**Schlussfolgerungen und Empfehlungen** werden nach den Mindestanforderungen auf Grundlage einer sorgfältigen Dokumentation der Ergebnisse aller Verpackungssysteme, Szenarien und Sensitivitätsanalysen für die verbindlichen und optionalen Bestandteile der Wirkungsabschätzung verbal argumentativ abgeleitet (Detzel et al. 2016).

Für die Schlussfolgerungen und Empfehlungen beziehen sich die Mindestanforderungen zudem auf die vom UBA entwickelte Auswertestrategie „Bewertung in Ökobilanzen“ (Schmitz und Paulini 1999). In Schmitz und Paulini (1999) wurden Methoden für die **optionalen Bestandteile** der Wirkungsabschätzung ISO-normenkonform ausgearbeitet und eine Methodik zur Auswertung in Ökobilanzen dargelegt. Die Studie stellt einen engen Zusammenhang zwischen der Phase der Auswertung und den optionalen Bestandteilen der Wirkungsabschätzung her. Auch Detzel et al. (2016) heben hervor, dass die optionalen Bestandteile methodisch eher in der Auswertungsphase der Ökobilanz angesiedelt sind, weswegen auch in der vorliegenden Studie die Normierung und Ordnung im Rahmen der Diskussion der Auswertestrategie betrachtet werden.

Die **Normierung** ist gemäß den Mindestanforderungen bzw. Schmitz und Paulini (1999) auf Grundlage der Jahresverbrauchsmenge im entsprechenden Getränkesegment vorzunehmen. Die normierten Ergebnisse werden in Einwohnerdurchschnittswerten (EDW) ausgedrückt und müssen tabellarisch und graphisch dargestellt und verbal argumentativ ausgewertet werden. Dabei ist eine Beurteilung auf Grundlage des einfachen Abzählens der einzelnen Wirkungskategorien nicht zulässig.

Die Rangbildung erfolgt nach Schmitz und Paulini (1999) auf Grundlage der zwei Ordnungskriterien „Abstand zum Schutzziel“ und „ökologische Gefährdung“ kombiniert mit dem spezifischen Beitrag. Der spezifische Beitrag entspricht den normierten Wirkungsindikatorergebnissen. Die Kriterien ökologische Gefährdung und Abstand zum Schutzziel sind durch das UBA einheitlich festgelegt. Die drei Kriterien werden nach einem festgelegten Schema gleichgewichtet zur „Ökologischen Priorität“ zusammengeführt. Um zu vermeiden, dass eine weitere Aggregation der Werte zu einer Kennziffer vorgenommen werden kann (Gewichtung), wird die ökologische Priorität verbal beschrieben (gering, mittel, groß, sehr groß) (Detzel et al. 2016).

Im Rahmen der Ausarbeitung der Mindestanforderungen wurden auf Grundlage methodischer Entwicklungen im Bereich der Ökobilanzierung Anpassungen an der Methodik von Schmitz und Paulini (1999) vorgenommen. Insbesondere wurde die Beschränkung auf eine paarweise Darstellung der Ergebnisse für die optionalen Bestandteile der Wirkungsabschätzung von nur jeweils zwei Produktsystemen aufgegeben (Detzel et al. 2016).

Weiterhin ist eine Rangbildung derzeit nicht möglich, da sie für alle in den Mindestanforderungen vorausgesetzten Wirkungskategorien durchgeführt werden müsste, um Verzerrungen zu vermeiden. Jedoch liegen nicht für alle Wirkungskategorien Bewertungen für die Ordnungskriterien

vor. Solange keine Bewertung durch das UBA vorliegt, wird seitens der Autor\*innen der Mindestanforderungen die Rangbildung nicht empfohlen (Detzel et al. 2016).

Die Mindestanforderungen heben hervor, dass es sich bei der Verdichtung von Daten nicht um einen Auswertemechanismus handelt, sondern ausschließlich um einen Ansatz die Datenfülle aufzubereiten. Weiterhin müssen alle im Rahmen der Signifikanzprüfung und Beurteilung identifizierten Einschränkungen übersichtlich aufgelistet und ihre Relevanz für die Empfehlungen diskutiert werden (Detzel et al. 2016).

Eine Abwägung der Wirkungsabschätzungsergebnisse vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Werthaltung hinsichtlich der Bedeutung bestimmter Umweltthemen ist generell zulässig und kann als Zusatzinformation in die Auswertung aufgenommen werden. Sie ist jedoch deutlich von den Schlussfolgerungen auf Grundlage der Mindestanforderungen abzugrenzen (Detzel et al. 2016).

Im Rahmen der Diskussion um die Auswertestrategie ist es notwendig, Ziel und Rahmen der Studie zu reflektieren (vgl. DIN EN ISO 14040; DIN EN ISO 14044). Im Gegensatz zu den in den Mindestanforderungen adressierten vergleichenden Ökobilanzen (Vergleich zweier, möglicherweise unterschiedlicher Getränkeverpackungssysteme) nimmt die hier vorliegende Studie die Bewertung von Optimierungspotenzialen in den Fokus (Vergleich eines Verpackungssystems mit möglichen zukünftigen Optimierungen). Dies hat selbstredend einen großen Einfluss auf die zu wählende Auswertestrategie, die sich insbesondere bei der Abarbeitung der optionalen Bestandteile der Auswertung niederschlägt.

Wie zuvor dargelegt, dient die Auswertung der Ergebnisse gemäß DIN EN ISO 14040

- ▶ der Identifikation signifikanter Parameter,
- ▶ der Beurteilung der Ergebnisse unter Berücksichtigung von Vollständigkeits-, Sensitivitäts- und Konsistenzprüfungen, sowie
- ▶ der Ableitung von Schlussfolgerungen, Einschränkungen und Empfehlungen.

Die Identifikation signifikanter Parameter wird im Rahmen der Darstellung und Beschreibung der Ergebnisse vorbereitet. Die Ergebnisse werden in einer Form aufbereitet, dass sich die Relevanz der verschiedenen Lebenswegabschnitte erfassen lässt. Eine vergleichende Darstellung zeigt die Veränderung in den bilanzierten Zeitreihen, so dass die ergebnisseitige Relevanz der Optimierungen visuell erfassbar und beschreibbar wird.

Die Beurteilung der Ergebnisse erfolgt auf Basis der Diskussion durchgeföhrter Sensitivitätsanalysen. Grundlage dafür ist die sachgerechte Identifikation der signifikanten Parameter. Stellschrauben, die als besonders ergebnisrelevant erachtet werden, sind hinsichtlich ihrer Belastbarkeit zu diskutieren und ggf. mittels Sensitivitätsanalysen zu prüfen.

Die Ableitung von Schlussfolgerungen hinsichtlich der betrachteten Optimierungspotenziale kann innerhalb der Systeme auf verbal argumentative Weise erfolgen, indem die Ergebnisse der ersten beiden Prüfschritte miteinander diskutiert werden.

Nur wenn unterschiedliche Verpackungssysteme mit unterschiedlichen ökobilanziellen Ergebnisprofilen miteinander verglichen werden, wird die Diskussion um Fragen erweitert, ob und wie eine Be- oder Entlastung in unterschiedlichen Umweltwirkungskategorien miteinander ins Verhältnis zu setzen ist. An dieser Stelle können die gemäß DIN EN ISO 14040 zulässigen optionalen Elemente zur Ordnung eine weitergehende Hilfestellung liefern. Die vom Umweltbundesamt im Jahre 1999 aufgestellte Auswertestrategie der ökologischen Prioritätenbildung (Schmitz und Paulini 1999) ist ein solches optionales Element. Gemäß den

Mindestanforderungen ist diese Auswertestrategie zur Anwendung in vergleichenden Getränkeverpackungskobilanzen als Standardfall vorgesehen.

Problematisch an der in den Mindestanforderungen vorgesehenen Auswertestrategie ist, dass die in Schmitz und Paulini (1999) berücksichtigten Wirkungskategorien nicht deckungsgleich mit den Wirkungskategorien der Defaultliste der Mindestanforderungen sind (vgl. Abschnitt 3.2.2.3.1). Eine Rangbildung ist von daher nicht möglich, da sie für alle Wirkungskategorien der Mindestanforderungen durchgeführt werden müsste, um Verzerrungen zu vermeiden, die entsprechenden Bewertungen für die Ordnungskriterien seitens des UBA aber nicht vorliegen (Detzel et al. 2016).

Erschwerend kommt hinzu, dass die Anwendung von Schmitz und Paulini (1999) zwingend eine Normierung der Ergebnisse vorsieht und somit eine Umrechnung der einzelnen Ergebnisse der ausgewerteten Wirkungskategorien in EDW erfolgen muss. Diese Umrechnung ist vor dem Hintergrund, dass für die Zeithorizonte 2030 und 2045 keine gesamtdeutschen Emissionsinventare vorliegen (können), mindestens erschwert, ggf. auch nicht durchführbar. Die Durchführung der Normierung ist demnach gemäß Detzel et al. (2016) sakrosankt und die Anwendung einer Auswertung gemäß Schmitz und Paulini (1999) ohne Normierung schlicht nicht möglich. Ein vollständiger Update- oder Umarbeitungsprozess von Schmitz und Paulini (1999) oder gar die Ableitung einer völlig neuen UBA Auswertestrategie ist im Rahmen des Vorhabens aber nicht leistbar bzw. vorgesehen.

Daher sollen die optionalen Elemente Normierung, Ordnung und Priorisierung im Rahmen der hier vorliegenden Studie keine Anwendung finden. Erstens, weil Ziel und Rahmen der Studie nicht auf einen Systemvergleich angelegt sind und die Notwendigkeit für die Anwendung der optionalen Elemente nicht vollständig gegeben ist und zweitens, weil die in den Mindestanforderungen vorgeschlagene Methode nicht auf den in die Zukunft reichenden zeitlichen Rahmen der Studie (2030 und 2045) adaptierbar ist.

Eine weitere Herausforderung im Rahmen dieser Studie stellt die Möglichkeit des Systemvergleichs dar. Dieser ist zwar in der Ziel- und Rahmendefinition der Studie nicht angelegt, ist auf Basis der Ergebnisdokumentation aber grundsätzlich möglich. Vor dem Hintergrund des großen öffentlichen Interesses erscheint es von daher sinnvoll, die aus Sicht der Autoren\*Autorinnen maximal mögliche Form eines Ergebnisvergleichs durchzuführen, um aufzuzeigen, welche Aussagen auf Grundlage des Studiendesigns möglich sind bzw. welche nicht möglich sind. Denkbar wäre an dieser Stelle eine Betrachtung der potenziellen Optimierungspotenziale auf Ebene von Verpackungsgruppen (z. B. Aluminium-Getränkendose, PET-Einwegflasche, Glas-Mehrwegflasche etc.).

Abschließend ist im Rahmen der Auswertung der Umgang mit den zusätzlich zu betrachtenden ökologischen Aspekte Kunststoff- und Geräuschemissionen (vgl. Absatz 3.2.2.3.2) zu thematisieren. Gemäß den Mindestanforderungen können solche Performance Indikatoren die ökobilanziellen Ergebnisse ergänzen, insbesondere dann, wenn sie Aspekte beschreiben, die im Rahmen der Wirkungsabschätzung nicht oder nicht vollständig abbildbar sind. Die detaillierte Beschreibung des Vorgehens bei der Auswertung in dieser Studie erfolgt im folgenden Abschnitt.

### **3.3 Zusammenfassung der Modellierungsmethodik**

Im folgenden Abschnitt erfolgt die Zusammenfassung der Modellierungsmethodik auf Grundlage der Mindestanforderungen sowie der in Abschnitt 7 betrachteten methodischen Abweichungen.

Dabei muss beachtet werden, dass die Ökobilanz eine iterative Methode ist (vgl. ISO 14040 ff.). Einige Aspekte der Modellierungsmethodik werden sich erst nach den ersten Berechnungen abschließend festlegen lassen.

### 3.3.1 Referenzsystem

Die Mindestanforderungen setzen die Identifikation und Beschreibung eines Referenzsystems voraus (Detzel et al. 2016, Abschnitt 6.3.3.2). Da das primäre Ziel dieses Vorhabens kein Vergleich zwischen den verschiedenen Getränkeverpackungssystemen ist, wird kein Referenzsystem festgelegt.

### 3.3.2 Funktionelle Einheit

Die Funktionelle Einheit ist durch die Mindestanforderungen wie folgt vorgegeben (Detzel et al. 2016):

**„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“ beschreibt die Füllgüter der in Ziel und Rahmendefinition beschriebenen Getränkesegmente. Diese beinhalten:

- ▶ Bier
- ▶ Wässer (mit Kohlendioxid/ohne Kohlendioxid)
- ▶ Erfrischungsgetränke (mit Kohlendioxid/ohne Kohlendioxid)
- ▶ Säfte und Nektare

Der Ort der letzten Handelsstufe ist definiert als (Detzel et al. 2016):

**„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)).“**

Zudem werden funktionale Aspekte der Getränkeverpackungssysteme außerhalb der FE adressiert, durch die Einteilung in Getränke mit und ohne Kohlensäure (Druckfestigkeit/Gassperre). Weitere in der FE nicht berücksichtigte Funktionen (z. B. Informations- und Werbefunktion) der untersuchten Verpackungssysteme werden nicht berücksichtigt.

Die funktionelle Äquivalenz zwischen den Getränkesystemen im Basisszenario und in den Zukunftsszenarien ergibt sich aus den Anforderungen an den Schutz des Füllgutes. Alle untersuchten Verpackungssysteme in den untersuchten Getränkesegmenten erfüllen die Anforderungen des Handels an die notwendige Mindesthaltbarkeit des Füllgutes in der Verpackung. Diese Funktion ist auch in zukünftigen Szenarien gegeben, da die für die Zukunftsszenarien getroffenen Annahmen auch dahingeben bewertet und eingeordnet wurden, ob diese als Erwartungswerte für 2030 und 2045 für den Gesamtmarkt eines Verpackungssystems realistisch sind (vgl. Zwischenbericht II).

### 3.3.3 Systemgrenzen

Die Systemgrenzen skizzieren in technischer Hinsicht die einzelnen Prozesse, stellen einen geographischen Bezug her, definieren Anforderungen an die Aktualität der Daten und beschreiben den Gültigkeitszeitraum der Untersuchung. Sie werden durch den Untersuchungsgegenstand, das Bezugsjahr der Studie und die verwendeten Daten bestimmt (Detzel et al. 2016). Im Folgenden sind die Systemgrenzen auf Grundlage der Anforderungen der Mindestanforderungen dargestellt.

Weitere Spezifikationen bzgl. einzelner Wirkungskategorien (z.B. in Bezug auf abweichende zeitliche Systemgrenzen) sind im Unterabschnitt 3.3.7.1 „Wirkungskategorien und -indikatoren“ erläutert.

### **3.3.3.1 Technische Systemgrenzen**

Gemäß den Mindestanforderungen berücksichtigt die Ökobilanz-Studie alle technischen sowie agrar- und forstwirtschaftlichen Prozesse des gesamten Lebensweges der untersuchten Getränkeverpackungssysteme. Dabei werden die folgenden Lebenswegabschnitte berücksichtigt:

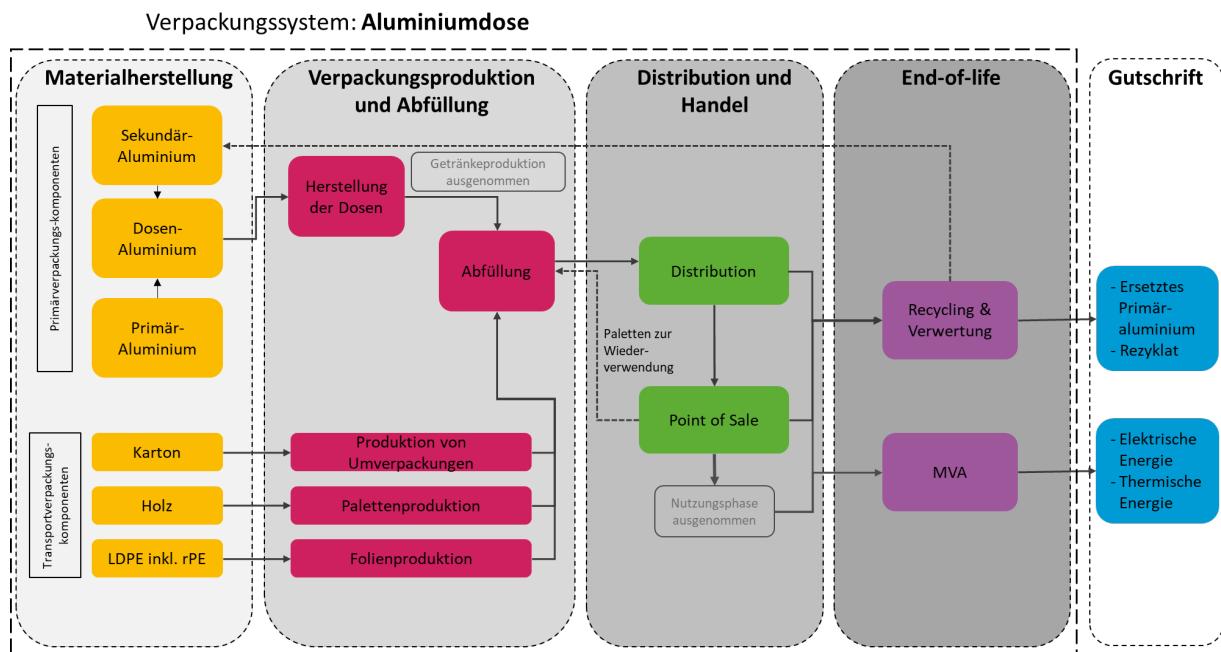
- ▶ Rohstoffgewinnung (primäres und sekundäres Material)
- ▶ Packstoffproduktion
- ▶ Packmittelproduktion
- ▶ Abfüllung
- ▶ Nutzung (nur bezüglich der Quantifizierung von Abfallströmen ausgehend vom Verbraucher relevant)
- ▶ Ende-des-Produktlebensweges (EoL)
- ▶ Transporte generell
- ▶ Distributionssystem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

Die Herstellung von Infrastruktur wie Gebäude, Maschinen und Straßen liegt außerhalb der Systemgrenzen. Sofern Datensätze aus Datenbanken verwendet wurden, die die Herstellung von Infrastruktur beinhalten, ist dies in der Beschreibung der Datensätze ausgewiesen und beschrieben. Eine Ausnahme zum Ausschluss der Infrastruktur bildet das Streckennetzwerk für Oberleitungs-LKW in den Zukunftsszenarien.

Der Ausschluss von Prozessen erfolgt gem. der Abschneidekriterien, die im folgenden Unterabschnitt im Detail erläutert werden.

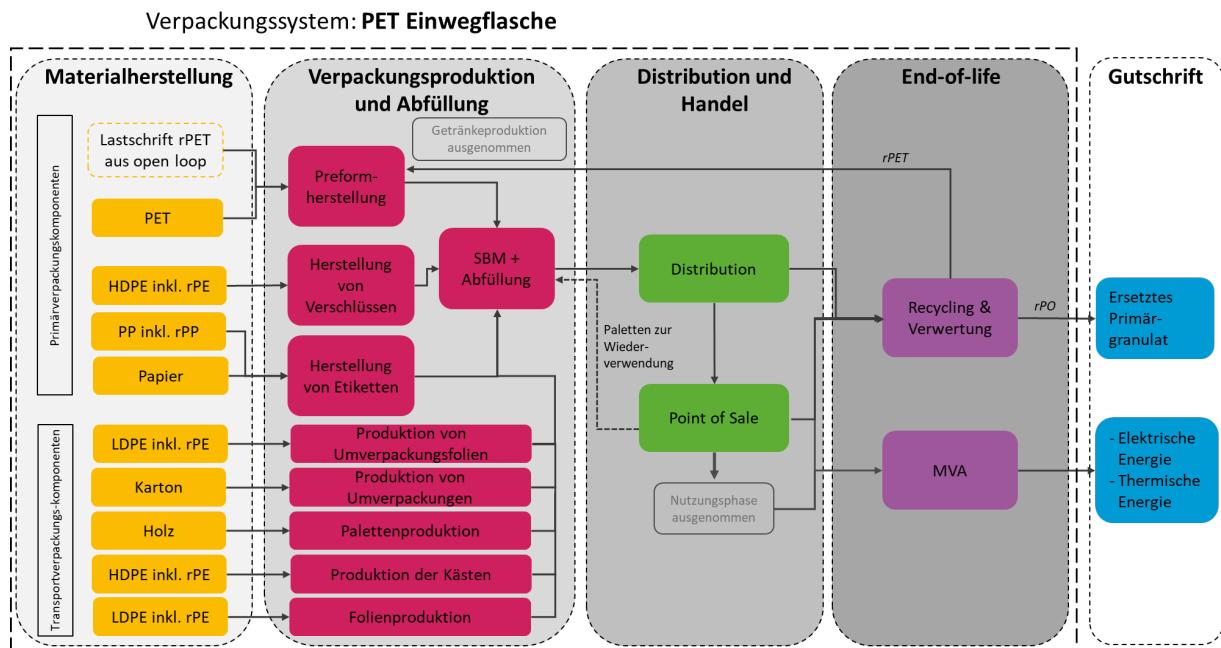
Die folgenden Systemfließbilder veranschaulichen die technischen Systemgrenzen für die untersuchten Getränkeverpackungssysteme unter Berücksichtigung aller Verpackungsstufen.

**Abbildung 25: Systemgrenzen für Aluminiumdosen in den betrachteten Getränkesegmenten**



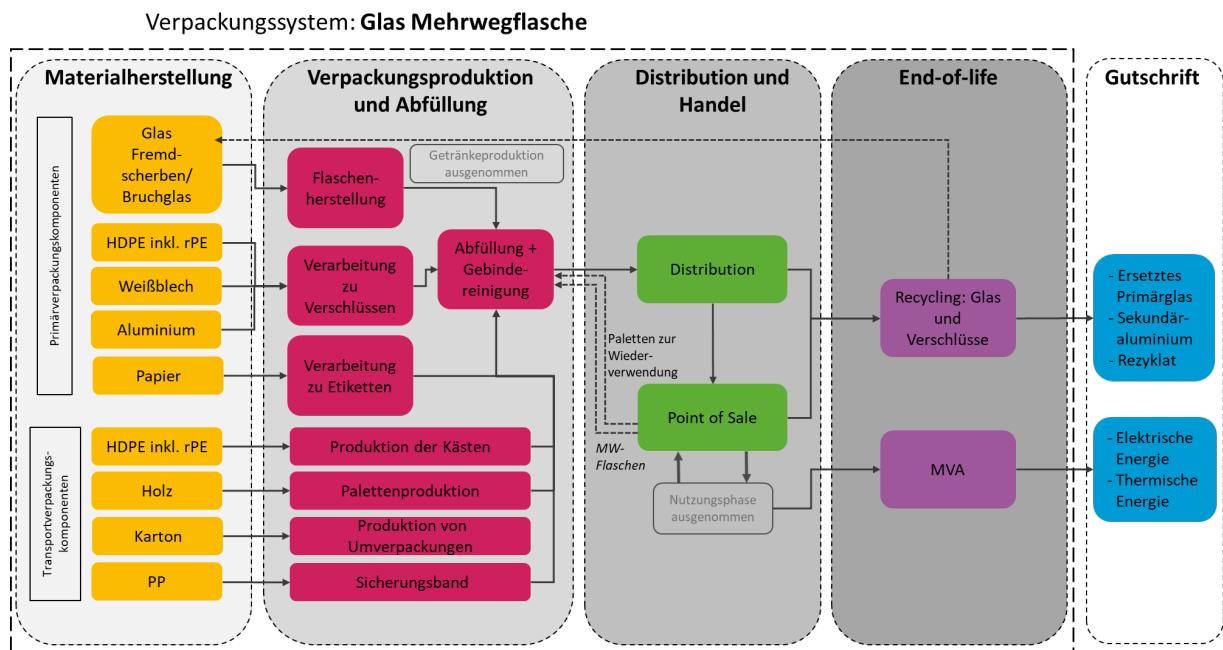
Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol, ifeu)

**Abbildung 26: Systemgrenzen für PET-Einwegflaschen in den betrachteten Getränkesegmenten**



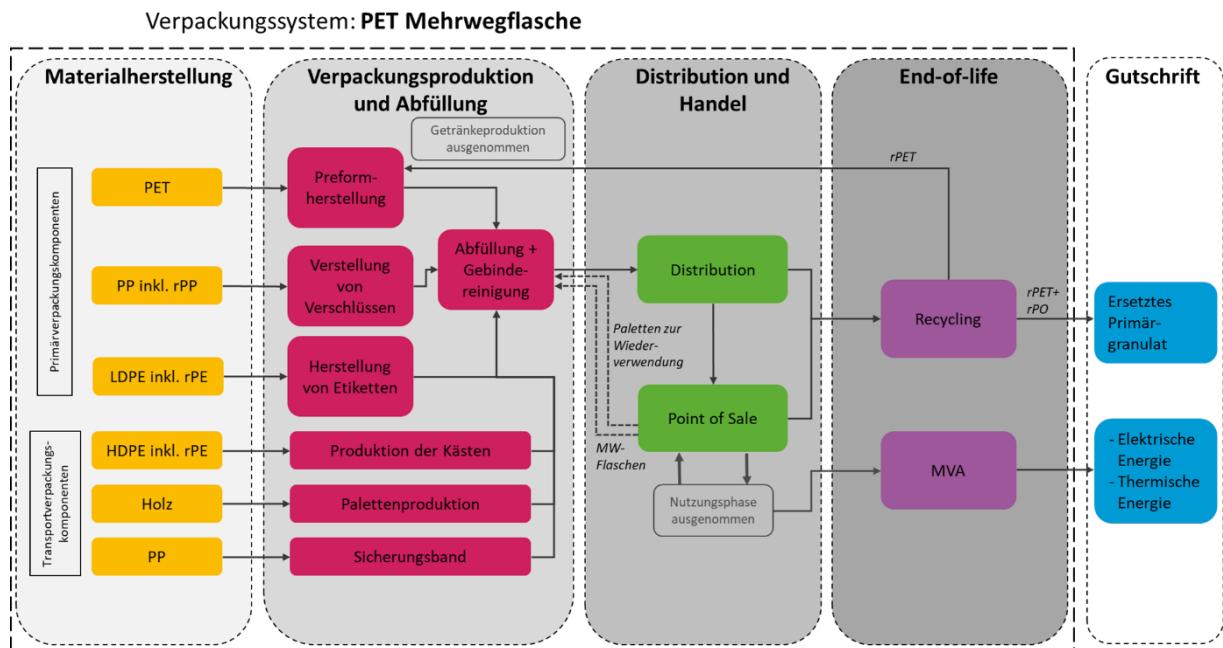
Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol, ifeu)

**Abbildung 27: Systemgrenzen für Glas-Mehrwegflaschen in den betrachteten Getränkesegmenten**



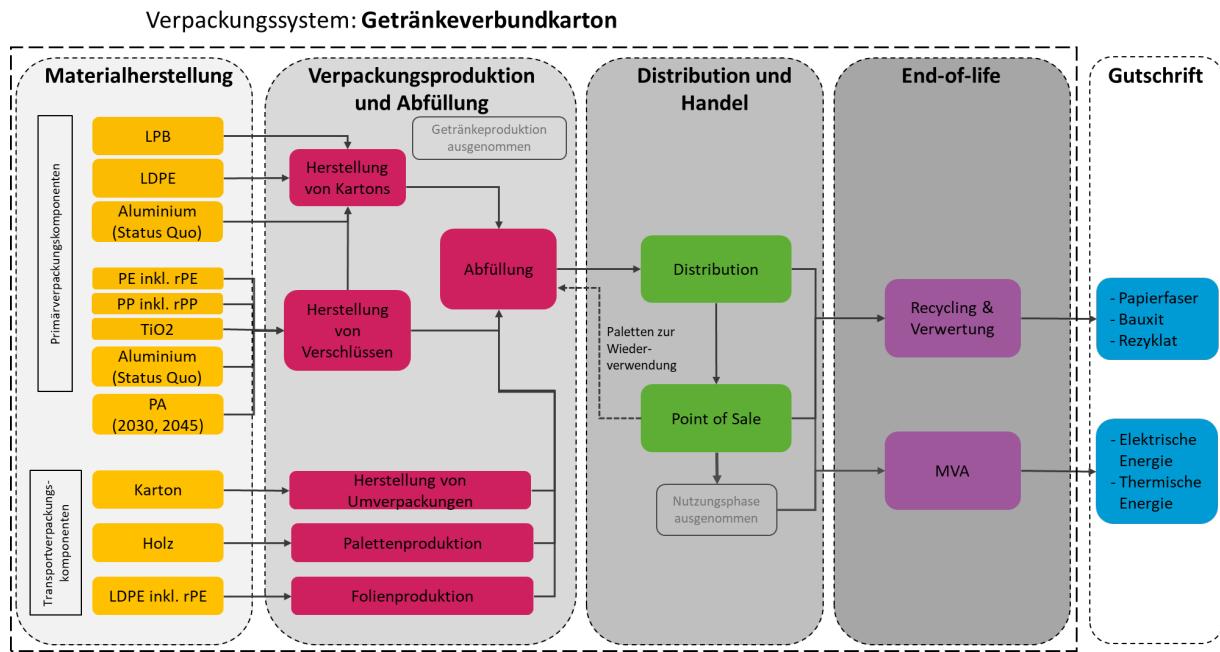
Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol, ifeu)

**Abbildung 28: Systemgrenzen für PET-Mehrwegflaschen in den betrachteten Getränkesegmenten**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol, ifeu)

**Abbildung 29: Systemgrenzen für Getränkeverbundkartons in den betrachteten Getränkeselementen**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol, ifeu)

### 3.3.3.2 Geografische Systemgrenzen

Die geografische Systemgrenze ist Deutschland. In der FE wird als Bezugsebene der Ort der letzten Handelsstufe definiert. Der Inlandsabsatz und Importe liegen innerhalb der geografischen Systemgrenze. „Verbrauch“ bezeichnet im Rahmen der Studie die Summe aus Inlandsabsatz und Importen. Exporte werden nicht berücksichtigt. Somit gilt:

$$\text{Produktion} - \text{Export} = \text{Inlandsabsatz}$$

Abweichende geografische Systemgrenzen können in den Vorketten, bei der Abfüllung, Transporten und den Entsorgungsmodulen auftreten, z.B. beim Import von Rohmaterialien oder Energieträgern. Abweichungen werden in der Beschreibung der Datensätze ausgewiesen und beschrieben.

### 3.3.3.3 Zeitliche Systemgrenzen

Während die Vorgaben der Mindestanforderungen für die technischen und geografischen Systemgrenzen Bestand haben, wird auf Grund des prospektiven Charakters der Studie von den Vorgaben bzgl. der zeitlichen Systemgrenzen abgewichen.

Die Mindestanforderungen fordern, dass die zeitliche Systemgrenze der Verpackungsspezifikation auf einen Zeitraum definiert wird. In diesem Vorhaben liegt jedoch der Fokus auf den zukünftigen Entwicklungen in den Jahren 2030 und 2045. Die im Basisszenario beschriebenen aktuellen Gegebenheiten wurden von daher vereinfachend auf Grundlage von verschiedenen, möglichst aktuellen Marktuntersuchungen erhoben. Aus diesem Grund kann kein festes **Bezugsjahr** für die Verpackungsspezifikationen aller untersuchten Getränkeverpackungssysteme definiert werden. Die Bezugsjahre der Verpackungsspezifikationen und der Umlaufzahlen variieren von 2018 bis 2021. Für die

Szenarien 2030 und 2045 bilden sie lediglich Erwartungswerte auf der Basis von Daten und Einschätzungen der Marktakteure.<sup>9</sup>

Generell gilt, dass die Gültigkeit der spezifischen **Vordergrunddaten**<sup>10</sup> möglichst nah an dem Zeitraum liegen sollte, für den die Verpackungsspezifikationen gelten (Detzel et al. 2016). In den Mindestanforderungen heißt es, dass alle Vordergrunddaten nicht älter als 2 Jahre sein sollten, im Vergleich zu dem Zeitraum, für den die Verpackungsspezifikation gilt. Ausgehend vom unteren Ende der Bezugsjahre im Basisszenario, ist dies das Jahr 2016.

Die Ergebnisse im Basisszenario bilden die aktuelle Marktsituation für die untersuchten Getränkesegmente in Deutschland für die Bezugsjahre 2018 bis 2021 ab (**Gültigkeitsbereich der Ergebnisse**). Die Ergebnisse gelten so lange, bis relevante Änderungen in der Marktsituation auftreten. Die Szenarien für die Jahre 2030 und 2045 liefern Informationen über mögliche zukünftige Entwicklungen der Umweltwirkungen der untersuchten Getränkeverpackungssysteme unter Veränderungen der Rahmenbedingungen und bei Ausschöpfen möglicher Optimierungspotenziale.

Im Rahmen der Wirkungsabschätzung erfordert die Betrachtung einiger Umweltwirkungskategorien **erweiterte zeitliche Systemgrenzen**. Dies ist zum Beispiel für die Kategorie *Global Warming Potential 100* der Fall, für die ein 100 Jahre Zeithorizont zugrunde gelegt wird. Jedoch heißt dies nicht, dass die zeitliche Systemgrenze der Studie als 100 Jahre definiert wird.

### 3.3.4 Abschneidekriterien

Wie von den Mindestanforderungen vorgesehen, werden die Abschneidekriterien bezüglich Masse, Energie und Umweltrelevanz entsprechend den Vorgaben in DIN EN ISO 14044 Absatz 4.2.3.3 mit den folgenden Konkretisierungen angewendet:

- ▶ Masse: 1 % pro Prozessmodul und maximal 5 % kumulierend
- ▶ Energie: 1 % pro Prozessmodul und maximal 5 % kumulierend
- ▶ Umweltrelevanz: Nachvollziehbare Beschreibung der Vorgehensweise

Darüber hinaus sind an entsprechenden Stellen der Mindestanforderungen spezifische Festlegungen für abweichende Abschneideregeln spezifiziert.

### 3.3.5 Allokation

#### 3.3.5.1 Systemallokation

Wie im Abschnitt 3.2.2 „Festlegungen hinsichtlich der allgemeinen Bilanzierungs- bzw. Modellierungsmethodik“ dargestellt, wird in Bezug auf die Allokation auf Systemebene gemäß Detzel et al. (2016) vorgegangen. Die Allokation von systembedingten Kuppelprodukten erfolgt somit nach der „50:50“-Methode. Die Lasten und der Nutzen für Sekundärmaterialien werden demnach im Verhältnis 50:50 bzw. paritätisch zwischen dem abgebenden und dem aufnehmenden System aufgeteilt.

Die Analyse der Optimierungspotenziale für die prospektiven Betrachtung hat gezeigt, dass ein großer Anteil der Materialflüsse Closed-Loop geführt wird und somit innerhalb des Systemraums verbleibt. Auf diese Massenflüsse hat die Systemallokation folglich keinen Einfluss. Aus diesem Grund und um die Anzahl der zu berücksichtigenden Szenarien in einem

---

<sup>9</sup> Für eine detaillierte Beschreibung der Datengrundlage und -erhebung vgl. Abschnitt „Datenerhebung“.

<sup>10</sup> Für eine Erläuterung der verschiedenen Datenarten vgl. Abschnitt „Anforderungen an die Datenqualität“

handhabbaren Umfang zu halten, wurde auf ergänzende Sensitivitäten zur Systemallokation (100:0 und 0:100) verzichtet. Die Zuverlässigkeit der getroffenen Schlussfolgerungen basierend auf den Endergebnissen der Basisallokation wird von den Autoren\*Autorinnen dennoch als gegeben bewertet. Auch, weil die Studie nicht auf einen Systemvergleich abzielt, sondern ausschließlich die Entwicklungen innerhalb der Verpackungssysteme beschreibt.

Die Allokationsfaktoren werden auf Massenbasis angewendet und zusätzlich mit einem Substitutionsfaktor kombiniert:

$$\text{Menge Verwertungsoutput (Material und Energie)} * \text{Allokationsfaktor} * \text{Substitutionsfaktor} = \\ \text{Menge ersetzes Primärmaterial/Primärenergieträger}$$

Der Substitutionsfaktor berücksichtigt mögliche „Down-Cycling“-Effekte (vgl. Ausführungen in Abschnitt 3.2.2.2.1 „Systemallokation beim Open-Loop-Recycling“). In der nachstehenden Tabelle sind die angewendeten Substitutionsfaktoren zusammengefasst dargestellt.

**Tabelle 7: Im Basisszenario verwendete Substitutionsfaktoren**

Material	Substitutionsfaktor
Papierfasern aus LPB (kartonbasierte Primärverpackung)	0,9
Papierfaser in Kartonschalen (Umverpackung)	0,9
LDPE aus Folien	0,94
PET aus Flaschen (Bottle-to-Bottle-Recycling)	1,0
HDPE aus Verschlüssen	0,9
PP	0,9
PA	0,8
PVA	0,8
PS	0,9
Glas aus Flaschen	1,0
Aluminium	1,0
Weißblech	1,0
Holz	1,0
PET/PP/PE/PS (Produktionsabfälle)	1,0

Quelle: Die Angaben beruhen auf Experteneinschätzungen der Der Grüne Punkt – Duales System Deutschland GmbH aus dem Jahr 2003. Der Faktor für PET wurde seither auf 1,0 angehoben, da auf Grund von technischem Fortschritt ein Bottle-to-Bottle-Recycling möglich ist.

### 3.3.5.2 Prozessallokation

Allokation auf Prozessebene ist notwendig, wenn ein Prozess mehrere Produkte („Koppelprodukte“) erzeugt oder verwertet. Solche Prozesse werden als **Multi-Output**- bzw. **Multi-Input-Prozesse** bezeichnet. Viel verwendete Beispiele für entsprechende Prozesse sind die Chloralkalielektrolyse, in der die Koppelprodukte Natriumhydroxid, Chlorgas und Wasserstoff entstehen, und Entsorgungsprozesse (Detzel et al. 2016). Die Allokation hat zum Ziel, die durch die jeweiligen Prozesse verursachte Umweltlast in „fairer“ Weise auf die entstehenden Koppelprodukte aufzuteilen (Multi-Output-Prozesse) bzw. die bei einem Multi-

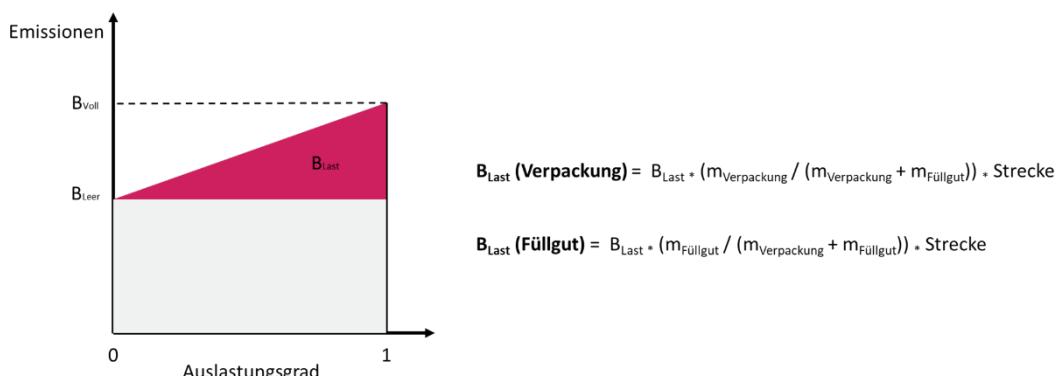
Input-Prozess entstehende Umweltlast dem Produktsystem möglichst genau anteilig zuzurechnen.

Gemäß den Mindestanforderungen wird in Bezug auf die Allokationskriterien das schrittweise Verfahren gemäß ISO 14044 Absatz 4.3.4.2 angewendet (DIN EN ISO 14044). Bei der Allokation von Koppelprozessen in Datensätzen, die von den Autoren\*Autorinnen dieser Studie selbst angefertigt wurden, erfolgt die Allokation in der Regel über die Masse. In vorgefertigten Datensätzen werden teilweise auch andere Allokationskriterien verwendet (z.B. Heizwert oder Marktwert). Bei der Behandlung von Multi-Input-Prozessen werden für die Allokation vor allem physikalische Beziehungen zwischen Input und Output verwendet.

### 3.3.5.3 Transportallokation

Die Mindestanforderungen sehen vor, nur den Anteil der Verpackung, nicht aber den Anteil des Füllguts an der Umweltlast der Getränkendistribution in der Ökobilanz zu berücksichtigen (Detzel et al. 2016). Dafür wird das in Plinke et al. (2000) und Kauertz et al. (2020a) verwendete Verfahren angewendet. Ausgangspunkt hierfür ist die Aufteilung der Umweltbeeinflussungen (Kraftstoffverbrauch und Emissionen) in den konstanten, auslastungsunabhängigen Anteil ( $B_{Leer}$ ) für den Transport des unbeladenen Fahrzeuges und den auslastungsabhängigen Anteil ( $B_{Last}$ ) für den Transport der Nutzlast des Fahrzeuges (= die Mehrbelastung durch Zuladung) (vgl. folgende Abbildung).

**Abbildung 30: Links: Aufteilung der Umweltbeeinflussungen (Kraftstoffverbrauch und Emissionen) in den konstanten Anteil  $B_{Leer}$  (grau) und den auslastungsabhängigen Anteil  $B_{Last}$  (rot); Rechts: Berechnung der Allokation des lastabhängigen Anteils  $B_{Last}$**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol) auf Grundlage von Kauertz et al. (2020a)

Während die Allokation zwischen Verpackung und Füllgut des lastabhängigen Anteils ( $B_{Last}$ ) „einfach“ nach Masseanteilen erfolgt, da die Mehrbelastung durch die Masse der Zuladung verursacht wird, erfolgt die Aufteilung der Umweltlasten des konstanten Anteils  $B_{Leer}$  auf die zu transportierenden Bestandteile (Füllgut und Verpackung) ursachenbezogen. Das heißt, dass rechnerisch ermittelt wird, welcher Anteil von  $B_{Leer}$  tatsächlich durch das Vorhandensein der Verpackung verursacht wird ( $B_{Leer}(V)$ ).

Um  $B_{Leer}(V)$  zu ermitteln, wird hilfsweise eine hypothetische optimale Verpackung angenommen, unter deren Verwendung die Nutzlast des transportierenden Fahrzeuges ( $m_{max}$ ) vollständig mit dem Füllgut ausgenutzt wird. Die dem Verpackungssystem zuzuweisende Umweltlast ( $B_{Leer}(V)$ ) berechnet sich sodann aus der Differenz zwischen der Umweltlast des tatsächlichen Systems (d. h. Transport mit Beladung) und dem hypothetischen Idealfall. Die Umweltbeeinflussung des Idealfalls hingegen wird dem Füllgut zugeschrieben ( $B_{Leer}(F)$ ).

Für den zuvor beschriebenen Schritt wird weiterhin zwischen einer verpackungsbedingten und einer nicht verpackungsbedingten Unterauslastung unterschieden. Diese Unterscheidung ist für das Gesamtergebnis aber nicht sehr relevant (Plinke et al. 2000), weswegen sie hier nicht näher erläutert wird.<sup>11</sup>

### 3.3.6 Anforderungen an die Datenqualität

Die qualitative und quantitative Beschreibung der Prozessmodule erfolgt nach den durch die Mindestanforderungen vorgegebenen Systematik. Demnach wird eine Unterscheidung in verschiedene Prozessdatentypen (1. Ordnung und 2. Ordnung) und -arten (primäre- und sekundäre Vordergrunddaten sowie Hintergrunddaten) vorgenommen (Detzel et al. 2016).

Gem. der Mindestanforderungen ist darzulegen, an welcher Stelle primäre und sekundäre Vordergrunddaten sowie Hintergrunddaten verwendet werden. In Bezug auf Vordergrunddaten ist zudem zu benennen, welche Daten durch die Verfasser der Studie selbst erhoben wurden und an welcher Stelle auf Primärdatenerhebungen anderer zurückgegriffen wird (Detzel et al. 2016). Um dieser Anforderung zu entsprechen, sind die verwendeten Datensätze in Abschnitt 5.2 „Sachbilanz“ erläutert.

#### 3.3.6.1 Datentypen bei Prozessdaten

Die in der Studie verwendeten Prozessdaten werden in Prozesse 1. Ordnung und 2. Ordnung unterschieden. **Prozesse 1. Ordnung** stehen in direktem Zusammenhang mit dem Materialfluss des Getränkeverpackungssystems. Sie beinhalten die Verarbeitungs- und Handlingprozesse und werden weiter unterschieden in Prozesse, die der Stoffflussgenese und der Stoffflusslenkung dienen (Detzel et al. 2016, S. 426):

- ▶ „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.“

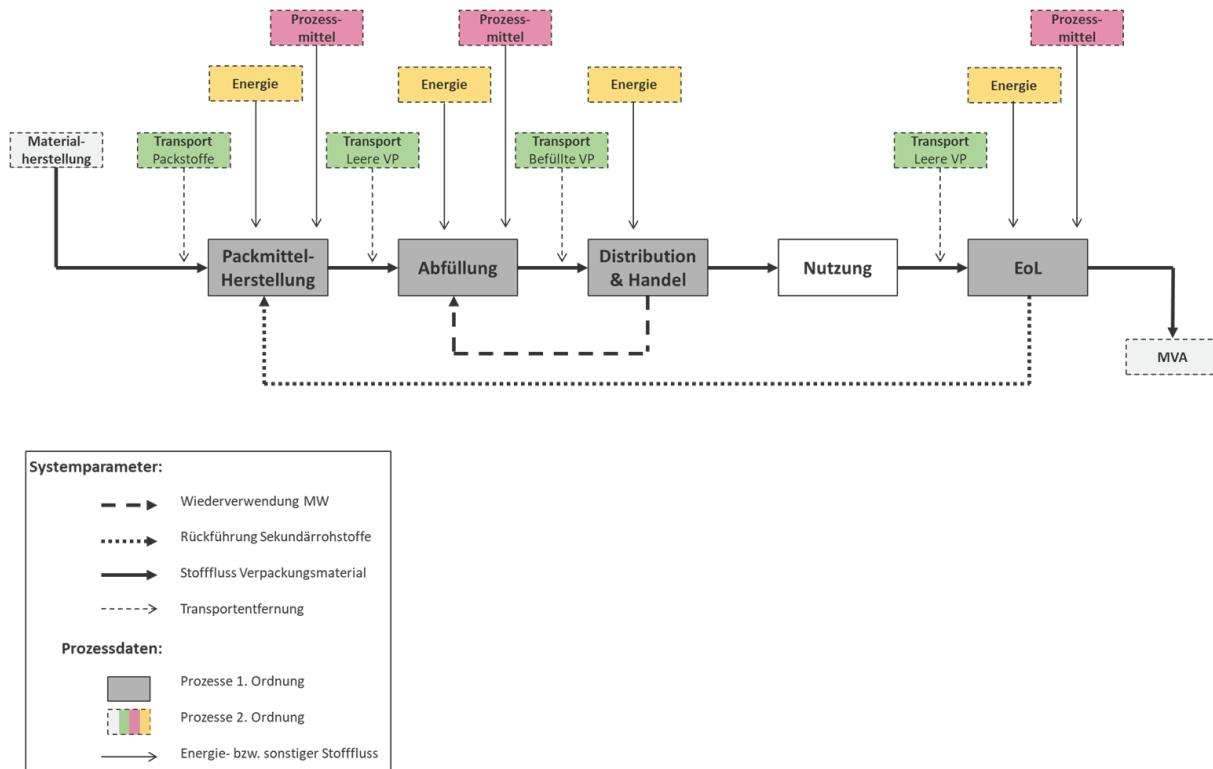
**Prozesse 2. Ordnung** stehen im Hintergrund der Modellierung. Gleichzeitig verursachen sie häufig die massenmäßig größten Ressourcenverbräuche und Emissionen. Beispiele sind Prozesse der Rohstoffgewinnung und Energiebereitstellung. Diese Prozesse werden normalerweise nicht ausschließlich für den Untersuchungsgegenstand der Ökobilanz (hier Getränkeverpackungssysteme) betrieben, sondern sind Teil einer gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfungskette (Detzel et al. 2016).

Folgende Abbildung stellt anhand der typischen Lebenswegabschnitte eines Getränkeverpackungssystems die Prozesse 1. und 2. Ordnung dar sowie die wesentlichen Systemparameter.

---

<sup>11</sup> Für eine ausführliche Darstellung des Allokationsverfahrens vgl. Kauertz et al. 2020a und Plinke et al. 2000.

**Abbildung 31: Darstellung Prozesse 1. Ordnung und Prozesse 2. Ordnung anhand der typischen Lebenswegabschnitte von Getränkeverpackungssystemen**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol) auf Grundlage von Detzel et al. (2016)

### 3.3.6.2 Datenarten

Auf Grundlage der Herkunft der Daten wird zwischen den Datenarten primäre Vordergrunddaten, sekundäre Vordergrunddaten und Hintergrunddaten unterschieden (Detzel et al. 2016).

**Primäre Vordergrunddaten** werden für den konkreten Anwendungsfall aktuell und im Kontext der Untersuchung erhoben. Im Fall dieser Studie können dies z.B. Verarbeitungsdaten für ein bestimmtes Getränkeverpackungssystem sein.

**Sekundäre Vordergrunddaten** wurden in einem vergleichbaren, aber anderen Anwendungsfall aktuell und kontextspezifisch erhoben. Im Rahmen dieser Studie könnten dies z.B. Daten bzgl. der Verarbeitung von Getränkeverpackungskartons aus der Studie „Ökobilanzielle Betrachtung von Getränkeverbundkartons“ (Kauertz et al. 2020a) sein. Sekundäre Vordergrunddaten können auch aus Datenbanken bereitgestellt werden, wenn diese ausreichend aktuelle und kontextspezifische Daten enthalten.

Die Erhebung der Vordergrunddaten erfolgte im Rahmen des zweiten Arbeitspakets. Die Dokumentation der Daten befindet sich im zweiten Zwischenbericht.

**Hintergrunddaten** hingegen beschreiben einen definierten Sachverhalt, ohne dass sie speziell für den im Vorhaben betrachteten konkreten Untersuchungsgegenstand erhoben worden sind. Dabei kann in drei Unterarten von Hintergrunddaten unterschieden werden (Detzel et al. 2016, S. 427):

- „Daten die bei einer Teilmenge der zu beschreibenden Prozesse aktuell und kontextspezifisch erhoben wurden“
- Daten, die anhand von Literaturquellen (bspw. BAT Dokumenten) generiert wurden

c) Mischformen von a und b“

Beispielhaft für „klassische“ Hintergrunddaten sind Emissionen aus Transporten oder der Bereitstellung von Energie im Ländermix (Kauertz et al. 2020a).

Um die Situation der untersuchten Getränkeverpackungssysteme genau abzubilden, wäre eine vollständige Primärdatenerhebung entlang der ganzen Wertschöpfungskette notwendig (Detzel et al. 2016). Insbesondere aus Aufwandsgründen ist dies jedoch nicht möglich, weswegen die Mindestanforderungen vorsehen, dass Prozessdaten für Prozesse der 1. Ordnung mit primären- oder sekundären Vordergrunddaten zu bedienen sind. Nur in Einzelfällen ist es zulässig, auf Hintergrunddaten zurückzugreifen. Um Prozesse 2. Ordnung zu beschreiben, sind alle zuvor beschriebenen Datenquellen zulässig.

**Anmerkung bzgl. der Verwendung von Hintergrunddaten in den Zukunftsszenarien**

In den Szenarien für die Jahre 2030 und 2045 sind Annahmen über die Entwicklung der Rahmenbedingungen (z.B. bzgl. des Energiesystems, der Landnutzung oder der Rohstoffbasis in verschiedenen Industriesektoren) zu treffen. Zu diesem Zweck wurden im Arbeitspaket 1 des Vorhabens auf Grundlage des GreenSupreme Szenarios der RESCUE Studie „Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität“ (Purr et al. 2019; Dittrich et al. 2020) Rahmenannahmen bzgl. möglicher zukünftiger Entwicklungen abgeleitet und abgestimmt (vgl. Abschnitt 4.1).

Im Sinne der zuvor erläuterten Systematik für Prozessdatenquellen und -arten handelt es sich hierbei ausschließlich um Prozesse 2. Ordnung. Bspw. wird auf Grundlage der RESCUE-Studie die Zusammensetzung des Strommixes für die Jahre 2030 und 2045 abgeleitet. Eine entsprechende Beschreibung der Hintergrunddaten erfolgt im Unterabschnitt 5.2.

Prozesse 1. Ordnung sowie die Ermittlung der Systemparameter sind davon nicht betroffen, somit sind auch die Aussagen und Festlegungen der RESCUE Studie zu durchschnittlichen Verwertungsquoten oder gar Konsumsituationen ohne Belang für die hier durchgeführte Studie.

### 3.3.6.3 Einordnung der Datenqualität

Gemäß den Mindestanforderungen wurde angestrebt alle Prozesse 1. Ordnung mit primären- und sekundären Vordergrunddaten zu beschreiben. Dies beinhaltet insbesondere Daten hinsichtlich der

- ▶ Verpackungsspezifikationen und Umlaufzahlen (als Grundlage für die Herleitung des Referenzflusses),
- ▶ Verarbeitungsprozessen,
- ▶ Distributionsdaten und
- ▶ Entsorgungswege.

Vor diesem Hintergrund haben die Daten für alle signifikanten Parameter, die das Ergebnis der Ökobilanz beeinflussen, im Basisszenario eine hohe Passgenauigkeit (vgl. auch die Abschnitte 4.1 und 5.2).

Für die Zukunftsszenarien wurden die Daten bzgl. der Verpackungsspezifikationen, Distributionsdaten und teilweise auch Entsorgungswege auf Grundlage von Experteneinschätzungen ermittelt. Die Hintergrunddaten wurden auf Basis der RESCUE-Studie modelliert. Eine valide Einschätzung der Datenqualität für die Zukunftsszenarien ist von daher

kaum möglich und zumindest im Vergleich zur Datenqualität des Basisszenarios erheblich reduziert. Sie wird dennoch als adäquat für den Zweck der Studie erachtet.

### 3.3.7 Wirkungsabschätzung

#### 3.3.7.1 Wirkungskategorien und -indikatoren

Bei Ökobilanzen gem. Mindestanforderungen handelt es sich um attributive Praxisökobilanzen. Sie müssen daher robuste Wirkungsindikatoren verwenden, deren Sachbilanzbasis mit akzeptablem Aufwand erhebbar ist. Im Folgenden werden Ziel- und Untersuchungsrahmen der berücksichtigten Wirkungskategorien beschrieben (vgl. Detzel et al. 2016, 403 ff.).

##### 3.3.7.1.1 Ressourcenbezogene Kategorien

Um die Umweltwirkungen der Herstellung, Abfüllung, Distribution und Entsorgung der betrachteten Getränkeverpackungssysteme abzubilden, werden die im Folgenden zusammengefassten Inputorientierten-Wirkungskategorien bilanziert und ausgewertet:

##### Ressourcenbeanspruchung

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

- ▶ Kumulierter Ressourcenaufwand (KRA) ausgedrückt in kg KRA pro FE als priorisierter KRA basierend auf einer Rohstoffkritikalitätsbewertung
- ▶ Kumulierter nicht erneuerbarer Energieaufwand, ausgedrückt als KEA nicht erneuerbar in MJ pro FE als Inventargröße

Der priorisierte KRA knüpft an den in Detzel et al. 2016 vorgestellten KRA an, der sich aus mineralischen, metallischen, fossilen und biotischen Ressourcen zusammensetzt. Der KRA an sich stellt nur eine Inventargröße dar. Die Ergebnisse des KRA können deshalb nicht zur Ableitung umweltrelevanter und/oder vergleichender Aussagen innerhalb der Ökobilanz herangezogen werden. Deshalb wird an dieser Stelle der priorisierte KRA vorgestellt, in dem die KRAs der einzelnen Ressourcen auf Grundlage einer Kritikalitätsbewertung untereinander hierarchisiert werden. Im Ergebnis wird ihnen eine unterschiedlich hohe Priorität zur Erhaltung von Sachgütern unter Einbezug der Umweltrelevanz zugeordnet. Damit werden die einzelnen Ressourcen in Bezug zum Schutzgut der Wirkungskategorie gestellt. Die Priorisierung erfolgt in drei Stufen: hohe Priorität, mittlere Priorität und niedrige Priorität basierend auf einer Kritikalitätsbewertung.

Eine hohe Priorität bedeutet, dass der jeweilige Rohstoff eine hohe Kritikalität bezüglich des Schutzgutes darstellt. Wird ein Rohstoff als nicht oder wenig kritisch eingestuft, so erhält er eine niedrige Priorität.

Die Kritikalitätsbewertung besteht aus 4 Elementen:

1. *Beitragsanalyse der KRAs der einzelnen Rohstoffe basierend auf dem gesamten Lebensweg des untersuchten Systems:* Die in Detzel et al. 2016 diskutierte dissipative und destruktive Rohstoffnutzung wird an dieser Stelle nicht über einen eigenen Charakterisierungsfaktor, sondern über die Lebenswegmodellierung und damit auf Sachbilanzebene berücksichtigt. Das Sachbilanzergebnis einer destruktiven Rohstoffnutzung, wie z.B. das Verbrennen von Kunststoffen in einer Müllverbrennungsanlage beinhaltet den vollen KRA, der nicht durch Energiegutschriften reduziert werden kann. Wird der Kunststoff allerdings nicht verbrannt, sondern einem neuen Lebensweg zugeführt, so reduziert sich der initiale KRA des

Kunststoffs durch die am Lebenswegende vergebenen Materialgutschriften. Über eine Beitragsanalyse wird festgestellt, welche Ressourcen für das betrachtete System eine besondere Beachtung und somit hohe Priorität bedeuten.

2. *Herkunft der Ressourcen im Lebensweg:* Um eine systemspezifische Aussage inkl. des Aufzeigens von Handlungsmöglichkeiten treffen zu können, ist es wichtig, zu wissen, woher das Sachbilanzergebnis kommt. Viele Rohstoffflüsse in Datenbanken sind generisch erzeugt und sind potenziell nicht mit dem eigentlichen System verbunden. Die Analyse der Herkunft der Sachbilanzflüsse ist deshalb eine der Grundlagen jeder Rohstoffkritikalitätsbewertung. Unterschieden wird an dieser Stelle zwischen Sachbilanzdaten in Primärprozessen, Sachbilanzdaten in Hintergrundprozessen und datenbankbezogenen Sachbilanzdaten bezüglich des betrachteten Produktsystems. Bauxit für die Aluminiumfolienherstellung ist für das Produktsystem Getränkekarton als Ressource aus einem Primärprozess zuzuordnen, wohingegen Eisen als Ressource für Infrastruktur für den Transport und die Energiebereitstellung der Kategorie Hintergrundprozess zugeordnet werden kann. Ein Beispiel für datenbankbezogene Sachbilanzdaten eines Ecoinvent Datensatzes wäre Phosphor aus der PE Herstellung, das aus einem angehängten Abfallstrom resultiert. Alle datenbankbezogenen Sachbilanzdaten werden aus der Kritikalitätsbewertung und somit dem priorisierten KRA ausgeschlossen.
3. *Kritische Rohstoffe für die Europäische Kommission:* Der Einbezug der Versorgungskritikalität in den priorisierten KRA erfolgt basierend auf der Einstufung durch die Europäische Union (Europäische Kommission 2020). In der Mitteilung der Kommission werden Rohstoffe in zwei Kategorien eingeteilt: nicht kritisch für die Versorgungssicherheit und kritisch für die Versorgungssicherheit. Der Bewertungsmethodik liegen viele Aspekte zu Grunde, u.a. fließen die in Detzel et al. 2016 hervorgehobenen dissipativen Aspekte über die Recycling-Input-Rate ein.
4. *Umweltgefährdungspotential basierend auf Dehoust et al. 2020 und Dehoust et al. 2017:* Der Ansatz der Umweltgefährdungspotentiale aus Dehoust et al. 2020 „versucht mittels einer Kombination verschiedener Indikatoren Abschätzungen zu treffen, wie hoch die Wahrscheinlichkeit des Eintritts und wie groß das Ausmaß von Umweltauswirkungen bei der Gewinnung und Aufbereitung eines Rohstoffes sein können“ (Dehoust et al. 2017). Hierfür wird ein grobes Raster genutzt, dass die einzelnen Rohstoffe in ein geringes, mittleres und hohes Umweltgefährdungspotenzial (UGP) einteilt. Basierend auf der Einstufung und Bewertung der vier Elemente werden die einzelnen Rohstoffe in die drei Prioritätsstufen eingeordnet.

Der kumulierte nicht erneuerbare Energieaufwand wird als Informationsgröße ausgewiesen.

#### **Ergänzende Betrachtung des kumulierten Energieaufwands (gesamt)**

Um der Frage nachzugehen, ob durch die in den Mindestanforderungen vorgegebene Fokussierung auf den KEA nicht erneuerbar wesentliche Informationen über mögliche Umweltlasten verloren gehen, wurde eine ergänzende Betrachtung des KEA gesamt durchgeführt. Dazu wurden die Ergebnisse des KEA gesamt, differenziert nach KEA nicht erneuerbar und KEA erneuerbar, für 5 ausgewählte Verpackungssysteme ausgewertet. Die Ergebnisse sind im Unterabschnitt „Ergebnisse einer vertieften Betrachtung des kumulierten Energieaufwandes (KEA)“ dokumentiert.

**Tabelle 8: Beschreibung Wirkungskategorie „Ressourcenbeanspruchung“**

<b>Wirkungskategorieindikator</b>	<b>Adressiertes Schutzziel</b>	<b>Charakterisierungsfaktor</b>
Priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	Erhalt von Sachgütern unter Berücksichtigung der potenzieller Umweltgefährdung	Verbal argumentative Auswertung basierend auf einer Kritikalitätsbewertung
Kumulierter Energieaufwand KEA [MJ pro FE] als Inventargröße	Erhalt von Sachgütern bzw. im weiteren Sinne Energieressourcen	n.a.

### Naturraumbeanspruchung

**Tabelle 9: Beschreibung Wirkungskategorie „Naturraumbeanspruchung“**

<b>Wirkungskategorieindikator</b>	<b>Adressiertes Schutzziel</b>	<b>Charakterisierungsfaktor</b>
Naturfernepotenzial NFP [ $m^2 \cdot e \cdot 1a$ ]	Naturnähe einer Fläche	Naturfernepotenzial NFPi [ $m^2 \cdot e \cdot 1a / m^2_{Hemerobiekasse i}$ ]

Für die Naturinanspruchnahme wird das Hemerobiekonzept herangezogen, das seit Detzel et al. (2016) im UBA Forschungsvorhaben „Flächenrucksäcke von Gütern und Dienstleistungen“ (Fehrenbach et al. 2021) weiterentwickelt wurde. Die Fläche für die Material- und Energieproduktion wird in Hemerobieklassen gegliedert erhoben und auf Sachbilanzebene klassenweise aggregiert. Genutzte Flächen werden charakterisiert entsprechend der Hemerobiekasse für Wald-/Forst-, Landwirtschaftliche Systeme, Rohstoffabbauflächen und andere Siedlungsflächen.

Folgende Faktoren werden für die Charakterisierung des Naturfernepotenzials der definierten Hemerobieklassen (NFPi) verwendet (Detzel et al. 2016):

- ▶ Hemerobiekasse VII: 1,0 ( $m^2 \cdot e \cdot 1a / m^2$ )
- ▶ Hemerobiekasse VI: 0,5 ( $m^2 \cdot e \cdot 1a / m^2$ )
- ▶ Hemerobiekasse V: 0,25 ( $m^2 \cdot e \cdot 1a / m^2$ )
- ▶ Hemerobiekasse IV: 0,125 ( $m^2 \cdot e \cdot 1a / m^2$ )
- ▶ Hemerobiekasse III: 0,0625 ( $m^2 \cdot e \cdot 1a / m^2$ )
- ▶ Hemerobiekasse II: 0,0313 ( $m^2 \cdot e \cdot 1a / m^2$ )

### Süßwasserbeanspruchung

**Tabelle 10: Beschreibung Wirkungskategorie „Süßwasserbeanspruchung“**

<b>Wirkungskategorieindikator</b>	<b>Adressiertes Schutzziel</b>	<b>Charakterisierungsfaktor</b>
Wasserverbrauch ausgedrückt in $m^3$ pro FU	geringe Süßwasserbeanspruchung (volumetrisch-quantitativ) unter dem Aspekt vielfältiger ökologischer Wirkungen aufgrund von Wasserverknappung	n.a.

Abweichend zu den Mindestanforderungen wird anstelle des Wasserverknappungspotenzials (WVP) [ $m^3 H_2Oe$ ] bzw. dem weiterentwickelten Wasserknappheits-Fußabdruck auf Grundlage des „Available Water Remaining“ (AWARE) (Boulay et al. 2018) vereinfachend der Wasserverbrauch ausgedrückt in  $m^3$  pro FE betrachtet (vgl. Abschnitt 3.2.2). Die Abschätzung

der Umweltwirkung erfolgt daher auf Ebene der Sachbilanz. Weitere qualitative Aspekte der Süßwasserbeanspruchung werden in anderen Wirkungskategorien abgebildet, wie z. B. der aquatischen Eutrophierung (Detzel et al. 2016).

### 3.3.7.1.2 Emissionsbezogene Kategorien

Um die Umweltwirkungen der Herstellung, Abfüllung, Distribution und Entsorgung der betrachteten Getränkeverpackungssysteme abzubilden, werden die im Folgenden tabellarisch zusammengefassten outputorientierten Wirkungskategorien bilanziert und ausgewertet:

#### Klimawandel

**Tabelle 11: Beschreibung Wirkungskategorie „Klimawandel“**

Wirkungskategorieindikator	Adressiertes Schutzziel	Charakterisierungsfaktor
Global Warming Potential GWP100 [kg CO <sub>2</sub> -e]	Vermeidung vielfältiger Folgewirkungen aufgrund der globalen Erwärmung	Global Warming Potential i GWP100 i [kg CO <sub>2</sub> -e/kg Emission i]

Für die Berechnung des GWP wird das aktuelle Modell nach IPCC (2021) angewendet. Die Verwendung des aktuellen Modells schränkt die Vergleichbarkeit der Ergebnisse für die Wirkungskategorie Klimawandel mit anderen Studien ein, die ältere Modelle enthalten. Auf Grund des Charakters der Studie (prospektiv, nicht vergleichend) ist dies jedoch weniger relevant. Gleichzeitig wird damit den Mindestanforderungen entsprochen, die explizit die Verwendung des GWP-Faktors aus dem aktuellsten Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) fordern (Detzel et al. 2016).

Die betrachteten Getränkeverpackungssysteme (alle Verpackungsstufen) werden als kurzlebige Produkte (Lebensdauer < 10 Jahre) behandelt. Direkte Landnutzungsänderungen nach 1990 werden pragmatisch vollständig im betrachteten Produktsystem berücksichtigt (Detzel et al. 2016).

#### Eutrophierung und Sauerstoffzehrung

**Tabelle 12: Beschreibung Wirkungskategorie „Eutrophierung und Sauerstoffzehrung“**

Wirkungskategorieindikator	Adressiertes Schutzziel	Charakterisierungsfaktor
Eutrophierungspotenzial EP <sub>aquatisch</sub> [kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -e]	Aufrechterhaltung des standortangepassten aeroben Zustands in Gewässern	EPi [kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -e/kg Emission i]
Eutrophierungspotenzial EP <sub>terrestrisch</sub> [kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -e]	Aufrechterhaltung der standortangepassten Nährstoffsituation in terrestrischen Ökosystemen	EPi [kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -e/kg Emission i]

Gemäß den Mindestanforderungen wird als Grundlage der Ermittlung des EP die Primärwirkung „Wachstum pflanzliche Biomasse“ herangezogen. Die Sekundärwirkungen sind z.B. Beeinflussung des bestehenden Gleichgewichtes in Ökosystemen, die Ansiedlung anderer Pflanzengesellschaften oder bezüglich der aquatischen Eutrophierung eine „Sauerstoffzehrung“.

Für die aquatische Eutrophierung werden P- und N-Emissionen ins Wasser berücksichtigt. Zur Worst-Case-Abschätzung der Sauerstoffzehrung in Gewässern wird der Chemische Sauerstoffbedarf herangezogen (Detzel et al. 2016).

Für die terrestrische Eutrophierung werden N-Emissionen in die Luft berücksichtigt. Zur Worst-Case-Abschätzung der Sauerstoffzehrung in Gewässern wird der Chemische Sauerstoffbedarf herangezogen (Detzel et al. 2016).

### Versauerung

**Tabelle 13: Beschreibung Wirkungskategorie „Versauerung“**

Wirkungskategorieindikator	Adressiertes Schutzziel	Charakterisierungsfaktor
Versauerungspotenzial AP [kg SO <sub>2</sub> -e]	Verhinderung der fortschreitenden Versauerung von terrestrischen und aquatischen Ökosystemen. Betrachtet wird das maximale Protonenbildungs- bzw. Versauerungspotenzial.	AP <sub>i</sub> [kg SO <sub>2</sub> -e/kg <sub>Emission i</sub> ]

AP = „Acidification Potential“

Für die Berechnung des Versauerungspotentials werden Emissionen in Luft, Wasser und Boden berücksichtigt (Detzel et al. 2016).

### Photochemische Oxidantenbildung/Sommersmog

**Tabelle 14: Beschreibung Wirkungskategorie „Photochemische Oxidantienbildung/Sommersmog“**

Wirkungskategorieindikator	Adressiertes Schutzziel	Charakterisierungsfaktor
Maximum Incremental Reactivity MIR und NMIRMNIR [kg O <sub>3</sub> -e]	Vermeidung vielfältiger Folgewirkungen durch Bildung von Photooxidantien	Maximum Incremental Reactivity <sub>i</sub> und Nitrogen Maximum Incremental Reactivity <sub>i</sub> MIR <sub>i</sub> und NMIR <sub>i</sub> [g O <sub>3</sub> -e/g <sub>Emission i</sub> ]

Die Bildung von bodennahen Photooxidantien erfolgt durch das Zusammenwirken von leichtflüchtige organische Verbindungen (VOC) und Stickstoffoxiden unter starker Sonneneinstrahlung sowie Stickstoffoxid (NO<sub>x</sub>) (Detzel et al. 2016).

### Stratosphärischer Ozonabbau

**Tabelle 15: Beschreibung Wirkungskategorie „stratosphärischer Ozonabbau“**

Wirkungskategorieindikator	Adressiertes Schutzziel	Charakterisierungsfaktor
Ozone Depletion Potential ODP [kg CFC-11e]	Vermeidung vielfältiger Folgewirkungen aufgrund abnehmender Ozonkonzentration in der Stratosphäre	Ozone Depletion Potential <sub>i</sub> ODP <sub>i</sub> [kg CFC-11e/kg <sub>Emission i</sub> ]

### Humantoxizität

**Tabelle 16: Beschreibung Wirkungskategorie „Humantoxizität“**

Wirkungskategorieindikator	Adressiertes Schutzziel	Charakterisierungsfaktor
Krebsrisikopotenzial (CRP) in kg As-e	-	CRPi [kg As-e/kg <sub>Emission i</sub> ]

Ökobilanzergebnisse zur Human- und Ökotoxizität sind mit Unsicherheiten behaftet. Gründe hierfür sind unvollständige Sachbilanzdaten, Datenasymmetrien zwischen den verwendeten Datensätzen sowie lückenhafte Methoden zur Wirkungsabschätzung einschließlich Unsicherheiten in den Charakterisierungsfaktoren. Diese Punkte führen dazu, dass

Ökobilanzergebnissen für die Umweltwirkungskategorie Krebsrisikopotenzial in kg As-e maximal eine ausreichende Validität zuerkannt wird. Die Ursache ist primär in der seit Jahren nicht weiterentwickelten Methodik zu suchen. Die Wirkungskategorie subsumiert vor allem luftgetragene Schwermetall- und Quecksilberemissionen, andere Emissionen bleiben unberücksichtigt.

Das Krebsrisikopotenzial in kg As-e soll bereits seit Jahren durch das USEtox-Modell ersetzt werden. Wie jedoch im Abschnitt 3.2.2 dargestellt, ist das USEtox Modell in Ökobilanzen Gegenstand einer Diskussion um die Belastbarkeit der Ergebnisse. Aus diesem Grund wird ausschließlich das Krebsrisikopotenzial (CRP) in Form von Arsen-Äquivalenten (CRPi [kg As-e/kg<sub>Emission i</sub>]) betrachtet. Die ermittelten Ergebnisse sind jedoch mit großer Vorsicht zu interpretieren. Es ist davon auszugehen, dass Datenartefakte in den verwendeten Datensätzen die generierten Ergebnisse übermäßig beeinflussen.

### Toxische Schädigung von Menschen durch Feinstaub

**Tabelle 17: Beschreibung Wirkungskategorie "Toxische Schädigung von Menschen durch Feinstaub"**

Wirkungskategorieindikator	Adressiertes Schutzziel	Charakterisierungsfaktor
Aerosol Formation Potential AFP [kg PM <sub>2,5</sub> -e]	-	AFPi [kg PM <sub>2,5</sub> -e/kg <sub>Emission i</sub> ]

#### 3.3.7.2 Optionale Bestandteile

Nach DIN EN ISO 14040 enthält die Methode der Ökobilanz neben den verbindlichen Bestandteilen Klassifizierung und Charakterisierung die drei optionalen Bestandteile Normierung, Ordnung und Gewichtung. Im Rahmen dieser Studie werden keine optionalen Elemente umgesetzt (vgl. Ausführungen im Abschnitt 3.2.2 „Festlegungen hinsichtlich der allgemeinen Bilanzierungs- bzw. Modellierungsmethodik“).

#### 3.3.8 Auswertung

Die Studie vergleicht verschiedenen Optimierungspotenziale von Verpackungssystemen. Ziel ist es, darzustellen, wie sich die ökobilanziellen Ergebnisse definierter Getränkeverpackungssysteme in den Jahren 2030 und 2045 gegenüber dem Status quo entwickeln. Ein Vergleich der verschiedenen Verpackungssysteme untereinander ist nicht intendiert, aufgrund der Darstellung der Ergebnisse aber möglich. Die im Rahmen dieser Studie durchgeführte Auswertung muss diese Aspekte berücksichtigen und dafür geeignet sein, die Schlussfolgerungen und Empfehlungen im Sinne der Ziel- und Rahmendefinition ableitbar zu machen. Dabei erfolgt die Auswertung gemäß den Mindestanforderungen verbal-argumentativ und orientiert sich an den in DIN EN ISO 14040 genannten Elementen:

- ▶ Identifikation signifikanter Parameter auf der Grundlage von Sachbilanz und Wirkungsabschätzung
- ▶ Beurteilung der Ergebnisse unter Berücksichtigung von Vollständigkeits-, Sensitivitäts- und Konsistenzprüfungen
- ▶ Schlussfolgerungen, Einschränkungen und Empfehlungen

Die in den Mindestanforderungen in Form der Auswertestrategie „UBA 1999“ (Schmitz und Paulini 1999) umgesetzten optionalen Bestandteile der Wirkungsabschätzung und die damit eng verbundenen Aspekte der Auswertung werden nicht angewendet (vgl. Ausführungen in

### Abschnitt 3.2.2 „Festlegungen hinsichtlich der allgemeinen Bilanzierungs- bzw. Modellierungsmethodik“)

Wesentlich für die Ableitung von Empfehlungen und Schlussfolgerungen ist die Identifikation der signifikanten Parameter. Es muss im Rahmen der Diskussion der Ergebnisse sichtbar werden, welchen Beitrag die jeweiligen Optimierungen an der Veränderung des ökobilanziellen Profils haben. Dies gilt insbesondere für das sehr weit in die Zukunft reichende Betrachtungsjahr 2045. Hier erscheint es notwendig, die systemimmanenteren Optimierungen (z.B. Gewichtsreduktion, Erhöhung Umlaufzahlen etc.) von den Optimierungen in den Hintergrunddaten (Bereitstellung von Rohstoffen und Energie sowie Transportprozesse) zu trennen.

Unsichere Eingangsdaten sind im Rahmen von Sensitivitätsanalysen hinsichtlich ihrer Ergebnisrelevanz zu prüfen. Das Ergebnis der Prüfung ist dann bei der Ableitung der Schlussfolgerungen und Empfehlungen zu beachten, sei es im Sinne einer logischen „Wenn-Dann“ Aussage oder in Form einer verbal formulierbaren Limitierung der Ergebnisse.

Eine besondere Herausforderung stellt die Möglichkeit des Systemvergleichs dar. Dieser ist in der Ziel- und Rahmendefinition der Studie nicht angelegt und aufgrund der großen Datenunsicherheiten in den Betrachtungsjahren auch nicht sachgerecht. Auch die Erhebung und Beschreibung der Eingangsdaten für die Abbildung des Status quo der untersuchten Systeme entspricht nicht in allen Facetten den Mindestanforderungen. Von daher sollte ein Ergebnisvergleich für spezifische in der Studie abgebildete Getränkeverpackungssysteme nicht durchgeführt werden.

Vor diesem Hintergrund wird eine aus drei Teilschritten bestehende Auswertestrategie angewendet, die im Abschnitt 6.1 „Auswertestrategie“ näher erläutert wird. Diese Schritte beinhalten:

1. Die Ergebnisverdichtung und Identifizierung von Trends über fünf getränkesegmentübergreifende Verpackungsgruppen: Getränkendosen aus Aluminium, PET-Einwegflaschen, Glas-Mehrwegflaschen, PET-Mehrwegflaschen und Getränkeverbundkartons
2. Die Identifikation der Optimierungspotentiale unter Berücksichtigung von Sachbilanz und den Ergebnissen der Wirkungsabschätzung durch den Vergleich der Zeitschritte
3. Die Ableitung von Handlungsoptionen für verschiedene Akteursgruppen

Um die Optimierungspotenziale der verschiedenen Verpackungsgruppen zu ermitteln, werden anhand der relativen Ergebniswerte aus der Wirkungsabschätzung die Szenarien miteinander verglichen. Die folgenden Zeitschritte und Szenarien werden dabei betrachtet:

- SQ-30: Verpackungsspezifikationen (intern) im Status quo unter den Rahmenbedingungen (extern) von 2030 (Bezugsszenario)
- 30-30: Verpackungsspezifikationen und Rahmenbedingungen für 2030
- 30-45: Verpackungsspezifikationen für 2030 unter den Rahmenbedingungen von 2045
- 45-45: Verpackungsspezifikationen und Rahmenbedingungen für 2045

Das symmetrische (d.h., Verpackungsspezifikationen und Rahmenbedingungen entsprechen dem gleichen Zeitschritt) Status quo Szenario (SQ-SQ) kann nicht als Referenz für die Identifikation von Optimierungsmöglichkeiten verwendet werden, da es nicht auf derselben Datengrundlage basiert, wie die anderen Szenarien und primär einen notwendigen Zwischenschritt für die Berechnung darstellt (vgl. auch Abschnitt 5.2.2 „Hintergrunddaten für die prospektiven Szenarien“).

Anschließend erfolgt die Kategorisierung der Optimierungspotenziale in „intern“ und „extern“. Dabei wird das interne Optimierungspotenzial durch die Veränderung (Differenz) der Werte von SQ-30 zu 30-30 für 2030, beziehungsweise der Veränderung der Werte von 30-45 zu 45-45 für das Jahr 2045 berechnet. Das externe Optimierungspotenzial kann nur für das Jahr 2045 bestimmt werden und ergibt sich aus der Veränderung zwischen den Szenarien 30-45 und 30-30.

Im Ergebnis steht somit die in der folgenden Abbildung beispielhaft dargestellte Aufbereitung der Ergebnisse. Sie dient insbesondere der Verdichtung und übersichtlichen Darstellung der Ergebnisse der Wirkungsabschätzung und gibt Hinweise auf die Entwicklungen in der jeweiligen Verpackungsgruppe. Die Darstellung dient somit als Basis für die Identifikation von Stellschrauben und Handlungsoptionen. Die für die Darstellung verwendeten Skalen werden im Abschnitt 6.1 „Auswertstrategie“ dargestellt und erläutert.

**Abbildung 32: Beispielhafte Darstellung der Ergebnisaufbereitung im Rahmen der Auswertung**

Verpackungsgruppe	prospektive Gesamtentwicklung				Optimierungspotenziale		
	2030		2045		interne	2030	2045
	+	+	+++	+		+	o
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)					interne	+	+
					externe		+
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	+	+++			interne	+	o
					externe		++
Naturfernepotenzial NFP	+	-			interne	+	+
					externe		-
Wasserverbrauch	+	-			interne	+	+
					externe		-
Klimawandel total	+	+++			interne	+	o
					externe		++
Klimawandel fossil	+	++			interne	+	o
					externe		++
Versauerung	+	+			interne	+	+
					externe		+
Sommersmog	+	+			interne	+	+
					externe		+
Stratosphärischer Ozonabbau	+	+			interne	+	+
					externe		+
aquatische Eutrophierung	+	---			interne	+	+
					externe		---
terrestrische Eutrophierung	+	+			interne	+	+
					externe		+
Krebsrisikopotenzial (CRP)	+	+			interne	+	+
					externe		o
Feinstaub PM2,5	+	++			interne	+	+
					externe		+
Kunststoffeintrag in die Umwelt	+	+			Mikro	+	+
					Makro	+	+
Lärmemissionen	+	+			interne	+	+
					externe		o

Quelle: Eigene Abbildung (Wuppertal Institut)

Neben denen in der Ökobilanzierung berücksichtigten Wirkungskategorien sind auch die zusätzlich betrachteten Umweltaspekte, Kunststoffeintrag in die Umwelt und Lärmemissionen, dargestellt. Für die ergänzenden Aspekte ist in der Interpretation zu berücksichtigen, dass es sich hierbei lediglich um erste Bemühungen handelt, diese Aspekte in Ökobilanzierungen von Getränkeverpackungen zu berücksichtigen. Die damit verbundenen Herausforderungen wurden im Abschnitt 3.2.2.3.2 „Zusätzliche ökologische Aspekte“ ausführlich erläutert. Entsprechend sind sie grafisch von den übrigen Umweltwirkungskategorien abgegrenzt.

Um konkrete Handlungsempfehlungen abzuleiten, werden für jede Verpackungsgruppe die wesentlichen variierten Modellparameter benannt und erklärt, inwieweit signifikante Änderungen der Umweltwirkung daraus resultieren. Hierbei wird berücksichtigt, welche Optimierungsmöglichkeiten innerhalb der verschiedenen Verpackungssysteme die jeweiligen Akteure haben und Handlungsempfehlungen für diese abgeleitet.

### 3.3.9 Ergänzende Betrachtung von zusätzlichen Umweltwirkungen

Im Rahmen der vorliegenden Studie werden neben den ökobilanziellen Ergebnissen verschiedene Einzelaspekte betrachtet, die in den Mindestanforderungen für Getränkeökobilanzen (Detzel et al. 2016) nicht berücksichtigt werden und die vor dem Hintergrund einer zukunftsgewandten Betrachtung in den Szenarien 2030 und 2045 an Bedeutung gewinnen könnten. Im Folgenden wird dargestellt, wie Kunststoff- und Geräuschemissionen ergänzend zu den Ökobilanz-Ergebnissen betrachtet werden.

#### 3.3.9.1 Kunststoffemissionen

Als Grundlage für die Diskussion des Umweltproblemfeldes Mikroplastik in der Umwelt dient eine überschlägige Berechnung der absoluten potenziellen Mikro- und Makroplastikemissionen in Anlehnung an die Methodik des PLP. Die Ergebnisse werden ausgedrückt in kg Plastik pro FE.

Makro- und Mikroplastikemissionen werden getrennt voneinander und aufgegliedert nach den verschiedenen Lebenswegabschnitten und Umweltkompartimenten ausgewiesen, die im PLP-Ansatz berücksichtigt werden (vgl. folgende Abbildung).

**Abbildung 33: Zusammenfassende Darstellung des PLP; der berücksichtigten Emissionsquellen, Eintragsmechanismen und Umweltkompartimente**



Quelle: Eigene Darstellung (Ökopol) auf Grundlage von Peano et al. 2020

Zur Berechnung der Mikroplastikemissionen stellt Peano et al. (2020) Berechnungsverfahren und generische Daten zur Abschätzung der Emissionen aus der Herstellung von Kunststoffprodukten sowie für Transportprozesse zur Verfügung. In Bezug auf Makroplastikemissionen werden Emissionen aus der Abfallbehandlung und aus dem Littering durch Konsumenten und Konsumentinnen berücksichtigt.

Unter Littering wird im Kontext des PLP-Ansatzes das beabsichtigte oder unbeabsichtigte Eintragen von Materialien aus der Technosphäre in die Umwelt verstanden. Hierunter fallen sowohl das Hinterlassen von Abfällen am Konsumort als auch alle sonstigen Stoffeinträge wie z.B. Einträge aus Kläranlagen oder offenen Deponien.

Im Rahmen des Vorhabens wurden die von Peano et al. (2020) bereitgestellten Daten validiert und – wo möglich – auf den spezifischen Kontext der Studie angepasst. Beispielsweise wurde die

Aufteilung der Entsorgungswege für die einzelnen Verpackungen entsprechend der in den Szenarien festgelegten Quoten angepasst und einzelne Optimierungen (z. B. tethered caps) in die Bestimmung der on-the-go Littering-Raten einbezogen.

Zudem wurde geprüft, inwiefern die Berücksichtigung von in anderen Studien als Peano et al. (2020) publizierten Fate-Faktoren für einzelne Kunststoffgruppen zu einem zusätzlichen Erkenntnisgewinn beitragen könnte. Jedoch finden in der vorliegenden Studie die ökobilanziellen Betrachtungen ausschließlich innerhalb von Materialgruppen statt. Es werden keine Vergleiche zwischen Systemen durchgeführt. Die Fate-Faktoren unterscheiden sich aber nur zwischen den Materialgruppen. Deshalb kommt es zu keiner zusätzlichen Erkenntnis, wenn die z. B. in Maga et al. (2022) publizierten Fate-Faktoren angewandt würden. Die Ergebnisse wären jedoch mit höheren Unsicherheiten behaftet. Deshalb kommen die derzeit verfügbaren Fate-Faktoren in dieser Studie nicht zur Anwendung.

### 3.3.9.2 Geräuschemissionen

Zur Berücksichtigung des Umweltproblemfeldes „Lärm“ werden die potenziellen aus Transportprozessen und der Energiebereitstellung resultierenden Geräuschemissionen näherungsweise berechnet und als Lärmbelastungspotenzialflächen in denen 40 dB(A) in der Nacht überschritten wird [ $\text{km}^2$ ] ausgewiesen.

Die Bewertung der Umwelteffekte von Geräuschemission kann nicht ohne Kenntnis der belasteten Rezipienten (z. B. Mensch oder Tier) erfolgen. Vereinfacht ausgedrückt: Wenn weder Mensch noch Tier durch die Geräuschemissionen beeinträchtigt wird, treten auch keine negativen Umweltwirkung auf. Ein bilanzierbarer Indikator für Geräuschemission muss also die Anzahl der Menschen und Tiere berücksichtigen, die durch den Lärm der betrachteten Prozesse im technischen und geographischen Systemraum belästigt werden. Diese Zahl ist im Rahmen einer Ökobilanz nicht ermittelbar, eine Skalierung von Einzelfalldaten aufgrund der stark lokal wirkenden Umweltbelastungen der Geräusche nicht angemessen. Im Rahmen von Kauertz et al. (2020b) wurde eine Methode prototypisch vorgeschlagen und erstmalig umgesetzt, die es erlaubt, die Umwelteffekt durch die Belastung durch Geräuschemissionen unabhängig von der spezifischen Vor-Ort Situation zu bilanzieren.

Die Methode bilanziert hypothetische Schadpotenziale indem anhand definierter Schallleistungen ausgewählter Prozesse sowie der Annahme einer geometrischen Pegelabnahme die Flächen berechnet werden, die einem Lärmbelastungspotenzial größer 40 dB(A) ausgesetzt sind. Die im Rahmen von Kauertz et al. (2020b) definierte Ausgabegröße des Indikators ist:

- ▶ Geräuschemissionen als Lärmbelastungspotenzialflächen in denen 40 dB(A) in der Nacht überschritten wird [ $\text{km}^2$ ]

Hinsichtlich der Quantifizierung der Lärmbelastungspotenzialflächen definiert Kauertz et al. (2020b) wie folgt:

*„Für die Schallausbreitung wird das Modell der geometrischen Pegelabnahme entsprechend Nr. A.2.4 der TA Lärm verwendet. Lokal wirkende meteorologische und topographische Faktoren der Schallausbreitung bleiben ebenso wie schalltechnische Maßnahmen an den Anlagen unberücksichtigt. Somit errechnen sich die folgenden „Schallemissionsfaktoren“ als lärmbelastete Fläche oberhalb von 40 dB(A) nachts pro MW installierter Leistung:*

- ▶ WEA 2000: 0,766  $\text{km}^2/\text{MW}$

- WEA 2018:  $0,552 \text{ km}^2/\text{MW}$ <sup>12</sup>
- Kraftwerke:  $0,062 \text{ km}^2/\text{MW}$ <sup>13</sup>
- [Photovoltaik] PV:  $0,100 \text{ km}^2/\text{MW}$

*Durch Multiplikation der Werte der installierten Leistung mit den Schallemissionsfaktoren ergeben sich Lärmelastungspotenzialflächen. Da keine lokale Verortung der Geräuschquellen vorgenommen wird, können auch keine Überlagerungseffekte bei den errechneten Flächen abgebildet werden. Es handelt sich somit um theoretische Lärmelastungspotenzialflächen.“ (Kauertz et al. 2020b, S. 217)*

Somit wird deutlich, dass das in Kauertz et al. (2020b) dokumentierte Rechenmodell nur stationäre Anlagen der Energieerzeugung umfasst. Die Lärmelastungspotenzialflächen für den Energieverbrauch der Prozesse kann anhand des Strombedarfs und der Mixes an Energieträgern errechnet werden. Für die Bilanzierung dezentraler Wärmeversorgung lassen sich die Werte für Kraftwerke entsprechend skalieren. Ein BHKW mit einer Wärmeleistung von 0,8 MW entspricht gem. der Berechnungssystematik einer Lärmelastungspotenzialfläche von  $0,2 \text{ km}^2 / \text{MW}$

Für die Anwendung in einer produktbezogenen Ökobilanz müssten zwingend noch die Geräuschemissionen der Transporte und idealerweise die Geräuschemissionen der Verarbeitungsprozesse ergänzt werden.

Grundlage für die Ermittlung der Geräuschemissionen der Transportprozesse kann die Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS 19) (BMDV 2019)<sup>14</sup> sein. Darin sind die Grundwert  $L_{W0}$  in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit  $v$  dokumentiert. Damit werden die Geräuschemissionen einzelner Fahrzeugtypen beschrieben. Für den Zweck der Abbildung der Geräuschemissionen in der Ökobilanz erscheint es in einem ersten Schritt ausreichend den Grundwert für den LKW heranzuziehen, da andere Verkehrsträger in der Ökobilanz deutscher Getränkeverpackungssysteme derzeit eine sehr untergeordnete Rolle spielen und auch im Falle der erhobenen Optimierungen keine wesentlichen Änderungen an dieser Situation erwartet werden. Der Grundwert für einen LKW mit der durchschnittlichen Geschwindigkeit von 70 km/h wird gemäß RLS 90 mit 65 dB angegeben.

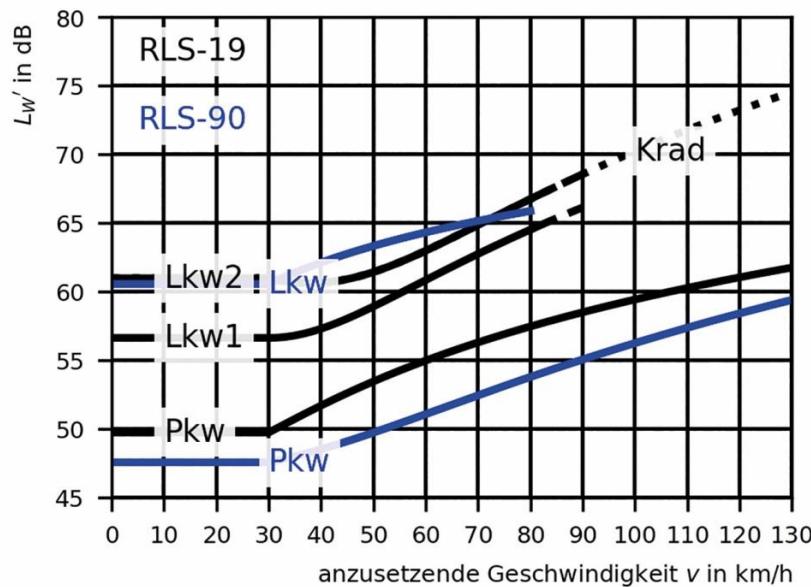
---

<sup>12</sup> Für den 140 MW Windpark Hohenseefeld II wurde im Schallgutachten [Notus Energy Plan GmbH & Co KG 2018] die Fläche >40 dB(A) mit ca. 30 km<sup>2</sup> bestimmt; mit dem Schallemissionsfaktor errechnet sich eine Fläche von ca. 63 km<sup>2</sup>.

<sup>13</sup> Für das 800 MWe Kohlekraftwerk der ONYX Power in Wilhelmshaven ergibt sich eine etwa 50 km<sup>2</sup> große Potenzialfläche; bis in 4.000 m Entfernung müssten somit >40 dB(A) erreicht werden. Nach der Geräuschprognose [ TÜV Nord Systems 2007] liegt der Beurteilungspegel am nächstgelegenen Wohnhaus in 1.500 m Entfernung jedoch bei 26 dB(A). Die Wirksamkeit der Schallschutzmaßnahmen ist evident, der Schallemissionsfaktoren für Kraftwerke ist hier deutlich zu groß.

<sup>14</sup> Die „Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen“, Ausgabe 2019 (RLS 19), trat über die 2. Verordnung zur Änderung der 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (16. BImSchV) ab dem 1. März 2021 in Kraft und ersetzte damit die „Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen“, Ausgabe 1990 (RLS-90).

**Abbildung 34: Emissionskurven von RLS 90 und RLS 19. Längenbezogener Schallleistungspegel in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit jeweils für ein Fahrzeug. In Blau nach den RLS90 und in Schwarz nach den RLS19.**



Quelle: Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST)

Im Falle einer Lärmprognose müssten nun noch Zu- und Abschläge für Streckenführung, Topografie, Straßentyp etc. addiert oder subtrahiert werden. Da aber auch die Schallausbreitung der Energieerzeugungsmaßnahmen ohne Berücksichtigung von konstruktiven Lärmreduzierungsmaßnahmen etc. bilanziert wird, soll auch für die Ermittlung der transportbezogenen Geräuschemissionen der pure Grundwert genutzt werden.

Unter Nutzung der vereinfachten Berechnungssystematik der RLS 90<sup>15</sup> kann errechnet werden, dass es ca. 700 m Abstand braucht, bis die Geräuschemissionen den Richtwert von 40 dB(A) in der Nacht unterschreiten. Eine Straße „beschallt“ somit einen Korridor von 1.400 m Breite. Somit lässt sich errechnen, dass 1 km LKW-Transport 1,4 km<sup>2</sup> Lärmbelastungspotenzialflächen in denen 40 dB(A) in der Nacht überschritten wird, entspricht.

Aus Gründen der Vereinfachung werden die Geräuschemissionen der Verarbeitungsprozesse nicht betrachtet, da diese sich methodisch nicht erfassen lassen.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass der hier vorgeschlagene Indikator das Umweltpotential „Lärm“ nur sehr rudimentär abzubilden vermag. Das hier beschreibende Modell findet erstmalig Anwendung im Umfeld einer Produktökobilanz, die Ergebnisse sind daher mit großer Sensibilität zu interpretieren. Es empfiehlt sich, die Aspekte des möglichen Indikators im Rahmen einer wissenschaftlichen Fachdiskussion zu führen.

<sup>15</sup> Ein einfach zugänglicher Online-Rechner findet sich bspw. hier: <https://www.vcd.org/themen/verkehrslaerm/online-laerm-rechner>

## 4 Datenerhebung

Im Folgenden Kapitel 4.1 wird zunächst das Ziel des ersten Arbeitspaketes und das dort gewählte Vorgehen beschrieben. Im Kapitel 4.1.4 wird das RESCUE-Projekt einführend vorgestellt. Darauf aufbauend werden die sechs Green-Szenarien und die relevanten Ergebnisse, nämlich die Treibhausgasemissionen, beschrieben. Im Folgenden werden die für die ökobilanzielle Betrachtung von Getränkeverpackungssystemen relevanten Hintergrundinformationen benannt und die Ausprägungen in den Green-Szenarien ausgeführt. Im Kapitel 4.1.5 wird die Auswahl des zu nutzenden Green-Szenarios dokumentiert. Hierzu werden zunächst Auswahlkriterien und ihre Anwendung beschrieben. Ferner wird die Entscheidung durch UBA und die Diskussion im Begleitkreis dokumentiert.

Im folgenden Kapitel 4.2 wird zuerst die Zielsetzung des 2. Arbeitspaketes beschrieben (4.2.1). Anschließend wird das Vorgehen sowie die Ergebnisse der Verpackungsauswahl innerhalb der betrachteten Getränkesegmente erörtert (Kapitel 4.2.2). In Kapitel 4.2.3 erfolgt die im Rahmen einer Verpackungsökobilanz notwendige detaillierte Beschreibung der ausgewählten Verpackungssysteme. In Kapitel 4.2.4 wird das Vorgehen bei der Erhebung der Datengrundlage für das Basisszenario und die Optimierungsszenarien (2030 und 2045) dargelegt. In den folgenden Kapiteln 4.2.5 bis 4.2.9 werden dann die Ergebnisse hinsichtlich der Systemparametereinsatz, Umlaufzahlen bei Mehrwegverpackungssystemen, Rezyklateinsatz, Entsorgung und Transportentfernungen jeweils für das Basisszenario sowie die Optimierungsszenarien umfassend erläutert.

In Kapitel 4.3 werden die Ergebnisse für das nachträglich in die Studie mit aufgenommene Getränkesegment Säfte und Nektare sowie die Vorgehensweise zur Ermittlung der Ergebnisse dargestellt, soweit sich diese von der Vorgehensweise bzw. den Ergebnissen für die ursprünglich in der Studie betrachteten Getränkeselemente unterscheidet.

### 4.1 Recherche und Darstellung der Hintergrunddaten mit Perspektive bis 2045/50

#### 4.1.1 Zielsetzung des Arbeitspakets

Im Arbeitspaket 1 bestand das Ziel darin, Hintergrunddaten für die weitere Verwendung im Projekt abzustimmen und aufzubereiten. Der Auftraggeber hat vorgegeben, dass eines der sechs Green-Szenarien aus dem RESCUE-Projekt ausgewählt wird. Die Aufgabe des Auftragnehmers besteht darin, die Auswahl vorzubereiten, das Umweltbundesamt bei der Auswahl zu beraten, die Auswahl dem Begleitkreis vorzustellen und die erforderlichen Daten für die Ökobilanz im Arbeitspaket 4 aufzubereiten.

Das Projekt RESCUE hatte 2050 als Zielpunkt der Treibhausgasneutralität gewählt. In den RESCUE-Szenarien wurden verschiedene ProJEktionen wie die Bevölkerungsentwicklung oder die wirtschaftliche Entwicklung genutzt und Annahmen zur Umstellungsgeschwindigkeiten von Industrieprozessen oder zur Entwicklung von Technologien in und außerhalb Deutschlands formuliert, um diesen Zielzustand umfassend zu beschreiben. Sowohl die deutsche als auch die europäische Politik haben inzwischen (2021) die zeitliche Erreichung der Treibhausgasneutralität ambitionierter formuliert: So soll bereits 2045 eine Treibhausgasneutralität erreicht werden. Dies bedeutet im Wesentlichen, dass die Transformationsgeschwindigkeit insbesondere bei der Umstellung von Produktionsprozessen im In- und Ausland erhöht werden muss. In unserem Projekt sollen die Umweltwirkungen verschiedener Getränkeverpackungen in einer defossilisierten Welt untersucht werden. Im Projekt wird dazu der Zielzustand aus RESCUE von 2050 genutzt und angenommen, dass alle für

Getränkeverpackungen relevanten Hintergrundprozesse bereits 2045 realisiert werden. Bei der in den folgenden Kapiteln aufgeführten Beschreibung der Green-Szenarien aus dem RESCUE-Projekt wird das Zieljahr weiterhin mit 2050 bezeichnet, um die beschriebenen Projektinhalte korrekt zu zitieren.

#### 4.1.2 Vorgehen im Arbeitspaket 1

Um das Ziel im Arbeitspaket 1 zu erreichen, wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

Zunächst wurden Hintergrunddaten identifiziert, die eine Auswirkung auf zukünftige Ökobilanzergebnisse von Getränkeverpackungssystemen haben. Die sechs Green-Szenarien wurden daraufhin analysiert, welche Ausprägungen die relevanten Hintergrunddaten haben. Die Analyseergebnisse wurden dokumentiert.

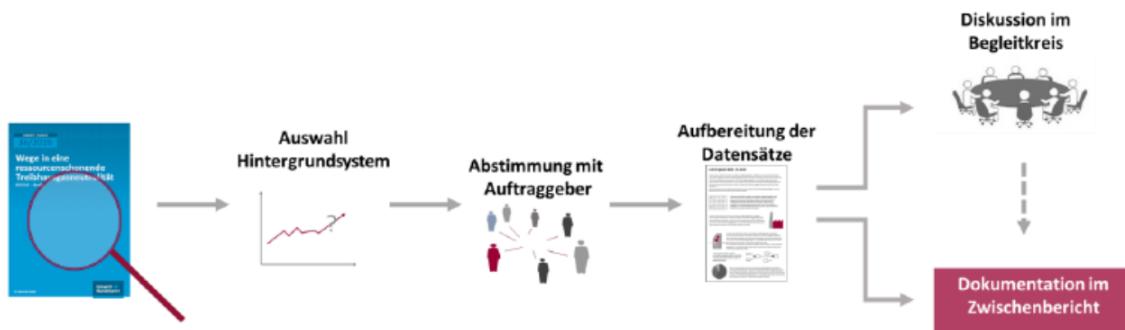
Im nächsten Schritt wurde mit dem Fachbegleiter und weiteren UBA-Fachleuten die konkrete Auswahl des Green-Szenarios abgestimmt. Dem Fachbegleiter oblag die Auswahl der UBA-Fachleute, die beteiligt waren, und die finale Auswahl des Green-Szenarios. Die Auftragnehmer begleiteten den Prozess, indem sie sowohl Auswahlkriterien als auch zu beteiligende Fachleute aus dem UBA dem Fachbegleiter vorschlugen, sie Gespräche mit den UBA-Fachleuten führten und die Auswahlkriterien und Empfehlungen der Fachleute dokumentierten.

Die relevanten Hintergrunddaten wurden im nächsten Schritt so aufbereitet, dass sie im Arbeitspaket 4 in Ökobilanzen genutzt werden konnten. Dies beinhaltete die inhaltliche und technische Aufbereitung.

Die inhaltliche Auswahl und die Ausprägungen des Hintergrundsystems des gewählten Green-Szenarios wurden im letzten Schritt dem Begleitkreis vorgestellt und diskutiert. Die Ergebnisse der Gespräche fließen in die Dokumentation ein.

Die folgende Abbildung verdeutlicht die Arbeitsschritte im Arbeitspaket 1.

**Abbildung 35: Arbeitsschritte im Arbeitspaket 1**



Quelle: Eigene Darstellung, Ökopol

#### 4.1.3 Einordnung der Annahmen und Ergebnisse der RESCUE Studie im aktuellen Vorhaben

Die RESCUE Studie arbeitet mit verschiedenen Annahmen und Variablen, die im Rahmen der nachfolgenden Kapitel näher beschrieben werden. Zu unterscheiden gilt es grundlegend fixierte Rahmenannahmen wie bspw. die Bevölkerungsentwicklung oder die Fixierung auf bestimmte Technologiepfade und die Annahmen, die innerhalb der Szenarien variiert werden können. Dazu gehören auch Änderungen im Konsumverhalten. Insbesondere die variablen Anteile in den Szenarien sind für das Ergebnis der RESCUE Studie wichtig, spielen aber für das hier bearbeitete Vorhaben nur eine untergeordnete Rolle. Denn im Fokus stehen hier weniger die Erreichbarkeit

klimapolitischer Ziele als vielmehr die Ableitung von Hintergrunddaten für eine prospektive Ökobilanz. Daher wird die RESCUE Studie in dem Sinne genutzt, dass sie als Datenfundus für die Herleitung von Hintergrunddaten für die Bilanzierung der Verpackungssysteme dient.

Das Thema der Hintergrunddaten in einer Getränkeverpackungsökobilanz ist in den UBA Mindestanforderungen hinlänglich beschrieben und soll daher an dieser Stelle nur sehr komprimiert dargestellt werden.

Grundsätzlich lassen sich die benötigten Daten der ökobilanziellen Berechnung in die Kategorien Systemparameter und Prozessdaten einteilen. Hinsichtlich der Systemparameter gilt es zu unterscheiden zwischen:

- ▶ Systemparameter mit Multiplikatorwirkung  
*(Parameter mit großem Einfluss auf den Referenzfluss im Modell und somit auf alle „Verbraucher\*innen“ in der Bilanz)*
  - Verpackungsspezifikationen
  - Umlaufzahlen
  - Transportentfernungen
- ▶ Systemparameter mit Lenkungswirkung  
*(Parameter die der Lenkung der Material- und Energieflüsse dienen)*
  - Entsorgungswege
  - Transportmittel

Systemparameter müssen grundsätzlich spezifisch für das untersuchte Verpackungssystem sein und werden in der Regel entweder im Rahmen einer Erhebung von Primärdaten oder mittels Übernahme aus passender Literatur generiert.

Bei den Prozessdaten gilt es zu unterscheiden zwischen Prozessdaten der 1. Ordnung und Prozessdaten der 2. Ordnung:

- ▶ Prozessdaten 1. Ordnung generieren Energieverbräuche oder u. U. einen Stofffluss an Hilfs- und Betriebsmitteln wie bspw. Verarbeitungs- oder Handlingprozesse
- ▶ Prozessdaten 2. Ordnung sind Prozesse, die im Hintergrund der Modellierung stehen, dort aber die massenmäßig häufig bedeutendsten direkten Ressourcenverbräuche und Emissionen hervorrufen, wie bspw.:
  - Produktion der Rohmaterialien
  - Energiebereitstellung
  - Transporte

Während die Prozessdaten der 1. Ordnung gemäß den Mindestanforderungen auch grundsätzlich spezifisch für das untersuchte Verpackungssystem sein müssen, sind die Prozessdaten der 2. Ordnung üblicherweise unspezifisch, sprich die dort beschriebenen Prozesse werde nicht exklusiv für die bilanzierten Verpackungssysteme betrieben. Diese Datenpunkte werden typischerweise aus Datenbanken oder anderen Publikationen übernommen. Da diese Quellen in der Regel aber keine Hintergrunddaten für eine prospektive

Betrachtung bieten, wird im Rahmen dieses Vorhabens RESCUE als Literaturquelle ausgewertet. Dabei geht es ausschließlich um die Abbildung der folgenden Datenpunkte:

- ▶ Prozesse der Produktion der Rohmaterialien
- ▶ Prozesse der Energiebereitstellung
- ▶ Transportprozesse

Themen, die innerhalb der RESCUE Studie verhandelt werden, wie Annahmen im Konsumverhalten, Änderungen der nationalen Entsorgungslandschaft sowie Änderungen der Produktionstechnologien in Europa / Rest der Welt haben daher keine Bedeutung für das weitere Vorhaben.

#### **4.1.4 Die RESCUE-Szenarien**

##### **4.1.4.1 Das Projekt RESCUE**

Das Projekt RESCUE (s. Purr et al 2019) baut auf der Studie Treibhausgasneutrales Deutschland (UBA 2014) auf. Treibhausgasneutrales Deutschland beschreibt erstmalig, wie Deutschland in 2050 eine Treibhausgasminderung um mindestens 95 % gegenüber 1990 erreichen kann. RESCUE ging nun verschiedene Schritte weiter und untersuchte:

1. Welche weiteren, nachhaltigen Optionen bestehen, um in 2050 eine 95 %-ige Minderung von Treibhausgasemissionen auf der Basis heute schon existierender Technologien zu erreichen?
2. Wie kann bzw. muss der Weg dorthin gestaltet werden?
3. Wie beeinflussen sich Klima- und Ressourcenschutz gegenseitig? Existieren ressourcen- und rohstoffsparende Ansätze und Möglichkeiten, um eine treibhausgasneutrale Wirtschaft zu erreichen?
4. Welcher Rohstoffkonsum ist mit den Transformationswegen verbunden?
5. Welche Probleme (z.B. Rohstoffknappheiten) sind heute schon absehbar?

Zur Beantwortung der Fragen wurden insgesamt sechs Szenarien entworfen, die unterschiedliche Ambitionsniveaus und Veränderungsgeschwindigkeiten beinhalten. Diese Szenarien werden in den folgenden Kapiteln vorgestellt.

Das Projekt RESCUE wurde in den Jahren 2015 – 2019 durchgeführt. Zum Projekt haben einerseits eine Vielzahl von UBA-Fachleuten und andererseits Fachleute aus dem ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, vom Fraunhofer Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE), Kassel, und Sustainable Solution Germany (SSG), Wiesbaden, beigetragen. Innerhalb des UBA war eine Steuerungsgruppe, bestehend aus Fachbereichs- und Abteilungsleiter\*innen, für die Entscheidungen zu den getroffenen Annahmen verantwortlich. Die Organisation und Zusammenführung des UBA-internen Fachwissens oblag ausgewählten Fachleuten im UBA (dem sogenannten Kleeblatt), die Auftragnehmer\*innen berieten, steuerten Fachwissen bei und setzten die Entscheidungen in den Modellrechnungen um.

Die Ergebnisse des Projekts sind in einer Vielzahl von Publikationen aufbereitet worden. Wichtige Dokumentation, aus denen die Informationen in den folgenden Kapiteln entnommen wurden, sind zum einen die ausführliche Projektdokumentation des UBA (UBA, 2019a) und die technischen Dokumentationen der Szenarien der Auftragnehmer\*innen (Dittrich, 2020 a – f).

##### **4.1.4.2 Übersicht über die Szenarien**

Die sechs Green-Szenarien gehen von überwiegend gleichen Rahmenannahmen aus, darunter:

- ▶ eine rückläufige Bevölkerungsentwicklung, basierend auf der 13. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung, Bezug nehmend auf die Variante 1 „Kontinuität bei schwächerer Zuwanderung“ (DESTATIS, 2015)
- ▶ eine mäßige wirtschaftliche Entwicklung mit einem durchschnittlichen BIP-Wachstum von 0,7 % p.a. und in GreenSupreme von 0 % p.a. zwischen 2030 und 2050;
- ▶ Fortführung des internationalen Handels mit der EU und dem Rest der Welt;
- ▶ Beschleunigte Transformation auch in der EU und im Rest der Welt; in 2050 besteht kein Unterschied zwischen dem Ambitions- und Technologieniveau in Deutschland und der EU und etwa zehn Jahren Unterschied zwischen Deutschland und dem Rest der Welt in GreenEe1 & 2, GreenLate und GreenLife bzw. kein Unterschied in GreenMe und GreenSupreme;
- ▶ keine energetische Nutzung von Primärbiomasse ab 2030;
- ▶ Keine Berücksichtigung von CCS, Geo-Engineering oder vergleichbarer Technologien, die mit erheblichen Umweltfolgen verbunden sind.

Die Ausrichtung oder das Narrativ der einzelnen Szenarien ist im Folgenden zusammengefasst, basierend auf den Erläuterungen von UBA (2019a-d):

- ▶ **GreenEe1&2, Germany – resource efficient and greenhouse gas neutral – Energy efficiency (GreenEe):** Basierend auf dem Projekt „Treibhausgasneutrales Deutschland 2050“ und den darin getroffenen Annahmen zur Transformation Deutschlands bis 2050 fokussiert dieses Szenario auf die Erschließung der Energieeffizienzpotenziale in allen Anwendungsbereichen. In Folge sinkt der Energiebedarf deutschlandweit. Die Energieversorgung beruht in 2050 vollständig auf erneuerbaren Energien, der erforderliche Ausbau erfolgt rasch und insbesondere der Stromsektor wird schnell dekarbonisiert. Sektorkopplungstechniken ermöglichen die Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien in allen Anwendungsbereichen. Brenn- und Kraftstoffe werden, wie heute auch, zukünftig importiert, allerdings werden diese ausschließlich regenerativ erzeugt. In der Industrie erfolgt eine Erneuerung des Anlagenparks hin zu dekarbonisierten Prozesstechniken. Wo es möglich ist, wird auf die direkte Nutzung von Strom umgestellt; wo dies nicht möglich ist, werden PtX-Techniken genutzt. Ressourceneffizienzpotenziale, wie die verstärkte Nutzung von Sekundärrohstoffen, werden weiter erschlossen und tragen zur Minderung der Primärrohstoffnutzung und zur Minderung der Energienachfrage bei. Gebäude sind bis 2050 energetisch saniert, die WärmeverSORGUNG erfolgt über Wärmepumpen und Wärmenetze. Verkehrsvermeidung und -verlagerung sowie der Umstieg auf Elektromobilität prägt den Verkehr in 2050. Der Güterverkehr erfolgt über Schiene und Oberleitungs-Lkw; im Flug- und Seeverkehr und nur noch im geringen Ausmaß im Güterverkehr werden erneuerbare Kraftstoffe (PtX) eingesetzt. Gesündere, Fleisch-reduzierte Ernährungsgewohnheiten, Modernisierung in nachhaltigen, landwirtschaftlichen Techniken, die Steigerung von Ökolandwirtschaft, Wiedervernässung von Mooren und die weitere Entwicklung von Prozessschutzflächen in Wäldern führen zu signifikanten Reduktionen von nicht-energetischen Treibhausgasen und zur Erschließung weiterer, natürlicher THG-Senken.

Während in GreenEe1 die Industrie insgesamt ihre Produktionskapazitäten kontinuierlich steigert und die Exporte weiter ansteigen, erfolgt in GreenEe2 ein ausgeglichener globaler Handel, so dass die nationalen Produktionskapazitäten in weiten Bereichen rückläufig sind. Dies betrifft auch die Landwirtschaft: In GreenEe 2 werden landwirtschaftliche Exporte verringert, die Produktion vieler landwirtschaftlicher Güter findet nur noch in einem

Ausmaß statt, mit dem eine Selbstversorgung gesichert ist. Eingesetzte Technologien, die Nachfrage innerhalb von Deutschland und Umstellungen, die nicht im Zusammenhang mit den produzierten und exportierten Gütermengen stehen, sind in beiden Szenarien gleich.

- ▶ **GreenLate, Germany – resource efficient and GHG neutral – late transition:** Auch dieses Szenario erreicht eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von 95 % in 2050 gegenüber 1990. Die dafür notwendigen Klimaschutzmaßnahmen werden aber im Vergleich zu den anderen Green-Szenarien erst zu einem späteren Zeitpunkt, zwischen 2040 und 2050, intensiviert. Das Ambitionsniveau bei der Hebung von Energie- und Ressourceneffizienzpotenzialen ist geringer als in den anderen Green-Szenarien. In 2050 beruht die Energieversorgung ebenso wie in den anderen Green-Szenarien vollständig auf erneuerbaren Energien, allerdings führt die späte und in 2050 nicht vollständig abgeschlossene Umstellung dazu, dass PtX-basierte Brenn- und Kraftstoffe in einem höheren Maße importiert und eingesetzt werden müssen. Dies betrifft die Industrie, die Wärmeerzeugung im Wohn- und Nichtwohnbereich und den Verkehrsbereich. Nur Branchen und Anwendungsbereiche mit kurzen Erneuerungszyklen können auf strombasierte und damit systemisch effizientere Energieträger umstellen. Dies bedeutet beispielsweise, dass auch im Straßengüterverkehr Verbrennungskraftmaschinen noch häufig vorkommen und entsprechend hohe Kraftstoffbedarfe existieren, die mit Importen von PtX-basierten Technologien gedeckt werden. Wohn- und Nichtwohngebäude sind im geringeren Ausmaß als in den anderen Green-Szenarien saniert, noch immer befinden sich Heizungsanlagen, die Brennstoffe einsetzen, im Bestand. Die Umstellungen der Ernährungsgewohnheiten und die Modernisierung hin zu einer nachhaltigeren Landwirtschaft, die Wiedervernässung von Mooren und Erneuerung des Waldumbaus starten, im Vergleich zu den anderen Green-Szenarien, später mit entsprechenden Auswirkungen auf Viehbestände und Senkenleistungen der Natur im Verlauf bis 2050.
- ▶ **GreenMe, Germany – resource efficient and GHG neutral – Material efficiency:** Das Szenario GreenMe baut auf dem Szenario GreenEe 2 auf. In GreenMe werden in einer sehr innovativen Gesellschaft zusätzliche technische Ressourceneffizienzpotenziale in allen Anwendungsbereichen erschlossen, wodurch weitere Endenergieeinsparungen möglich werden. Dies geschieht in Deutschland und gleichzeitig in Europa und außerhalb Europas. Die Energieversorgung in 2050 beinhaltet wie die GreenEe-Szenarien das Erschließen von Energieeffizienzpotenzialen und den Ausbau von Sektorkopplungstechniken. Allerdings kommen rohstoffsparendere und noch effizientere Technologien zum Einsatz, wie beispielsweise ein stärkerer Ausbau der Photovoltaik auf Dachflächen mit leistungsfähigen Dünnschichtzellen oder innovativere Windkraftanlagen. Technologien und Produkte sind langlebiger und robuster. Materialsubstitutionen führen zu Einsparungen von Treibhausgasen, indem beispielsweise treibhausgasintensive Produkte wie Zement oder Stahl weitmöglich durch treibhausgasneutrale bzw. -ärmere Produkte wie Holz im Hoch- und Tiefbau substituiert werden. Im Individual- und im Güterverkehr kommen in 2050 innovativere Batterien zum Einsatz, Leichtbauweisen reduzieren den Energiebedarf in der Mobilität. Das Heben der Ressourceneffizienzpotenziale führt insgesamt zu einer Reduktion der Gütermengen und damit des Güterverkehrs; wie in GreenEe werden PtX-basierte Kraftstoffe im Flug- und Seeverkehr und nur noch im geringen Maße im Güterstraßenverkehr genutzt. Die Umstellungen der Ernährungsgewohnheiten, die Modernisierung der Landwirtschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit, die Wiedervernässung von Mooren und die Erneuerung des Waldumbaus verlaufen wie im GreenEe 2 - Szenario.
- ▶ **GreenLife, Germany – resource efficient and GHG neutral – lifestyle changes:** Auch das Szenario GreenLife baut auf GreenEe 2 auf. Zusätzlich werden, anders als in GreenMe,

weitreichende Änderungen in der Gesellschaft hin zu sehr nachhaltigen Lebensstilen unterstellt. Die Hebung von Energieeffizienzpotenzialen und die Implementierung einer konsequenten Sektorkopplung findet wie im GreenEe-Szenario statt. Nachhaltige Konsummuster führen zu weiteren Energieeinsparungen, beispielsweise aufgrund einer geringeren Wohnflächennachfrage und infolgedessen geringeren Endenergiebedarfen im Wohnbereich. Die Nachfrage nach weniger Wohnfläche hat zur Folge, dass weniger neue Siedlungen und Infrastrukturen entwickelt werden müssen und dadurch mehr Flächen unversiegelt bleiben und weniger Rohstoffe für Gebäude und Infrastrukturen erforderlich sind. Im Verkehrsbereich werden stärker als in den zuvor beschriebenen Green-Szenarien emissionsfreie oder -ärmere Mobilitätsformen wie Fuß- oder Radverkehr, ÖPNV oder auch Sharingangebote genutzt. Flugreisen werden durch Bahnfahrten ersetzt oder durch die Wahl von räumlich näheren Urlaubszielen reduziert. Verpackungsarmes, regionales Einkaufen sowie die Nachfrage nach reparierbaren bzw. Second-hand-Gütern reduziert den Materialaufwand für Produkte und den Güterverkehr. Die Menschen stellen ihre Ernährung bis 2050 noch konsequenter auf eine gesunde, fleischreduzierte Diät um, so dass der Viehbestand im Vergleich zu den zuvor beschriebenen Green-Szenarien in 2050 geringer ist. Die Modernisierung der Landwirtschaft hin zu mehr Nachhaltigkeit, die Wiedervernässung von Mooren und die Erneuerung der Waldwirtschaft verläuft wie in GreenEe 2.

- ▶ **GreenSupreme, Germany – resource efficient and GHG neutral – Minimierung von THG-Emissionen und Rohstoffverbrauch im Betrachtungszeitraum:** Dieses Szenario verbindet die innovativen, ressourcensparenden technischen Veränderungen aus dem Szenario GreenMe mit den gesellschaftlichen Veränderungen hin zu nachhaltigen Lebensstilen, wie sie in GreenLife beschrieben sind. Zusätzlich wird eine schnellstmögliche Umsetzung aller Änderungen angenommen, so dass die kumulierten Treibhausgasemissionen bis 2050 sehr gering ausfallen und Deutschland einen fundamentalen Beitrag zur Einhaltung eines 1,5°C-Transformationspfad leistet. In GreenSupreme erfolgt beispielsweise ein Ausstieg aus der Kohleverstromung bis 2030, und aus der Kohlenutzung in der Industrie bis 2040. Die Integration effizienter und rohstoffärmer Sektorkopplungstechniken erfolgt zügig und weitreichend in allen Anwendungsbereichen. Ressourcensparende Technologien kommen bei der Strom- und Energieerzeugung zum Einsatz. Wie in den anderen Green-Szenarien ist der Energiesektor in 2050 vollständig dekarbonisiert. Es werden Kraft- und Brennstoffe auf der Basis von regenerativen Energieträgern (PtX-Technologien) importiert, der Gesamtbedarf ist jedoch durch die Erschließung hoher Energie- und Rohstoffeffizienzpotenziale geringer als in den anderen Szenarien. Langlebige, reparierbare, (primär-) rohstoffarme Güter und Technologien sowie die Nutzung von Sharing- und Secondhand-Angeboten reduzieren die Güter- und Güterverkehrsnachfrage. Ab 2030 findet im Wesentlichen ein qualitatives, jedoch kein gesamtwirtschaftliches quantitatives Wachstum statt. Die Gebäude haben hohe Energieeffizienzstandards, die Wärmeerzeugung erfolgt wie in den anderen Green-Szenarien über Wärmepumpen und Wärmenetzen, die Nachfrage nach Wohnfläche ist aufgrund der nachhaltigen Lebensstile so gering wie in GreenLife, der Bau von Gebäuden erfolgt mit emissionsarmen, rohstoffsparenden Materialien wie in GreenMe. Die Mobilität erfolgt mit hohen Anteilen von emissionsarmen Verkehrsträgern wie ÖPNV oder Rad, die Verkehrsträger haben technologisch sehr innovative Antriebstechnologien und ressourcenleichte Bauweisen. Wie in GreenLife reduziert verpackungsarmes, regionales Einkaufen sowie die Nachfrage nach reparierbaren bzw. Second-hand-Gütern den Materialaufwand für Produkte und den Güterverkehr. Die Umstellung auf eine fleischreduzierte, gesunde Ernährungsweise findet so konsequent wie in GreenLife statt, allerdings erfolgt dies zügiger bis 2040. Nachhaltige Landwirtschaftstechniken, Ökolandbau,

die Wiedervernässung von Mooren und die Waldentwicklung entspricht den Veränderungen, wie sie in GreenEe 1 & 2, GreenMe und GreenLife beschrieben sind.

Die folgende Tabelle zeigt die sechs vorstehend beschriebenen Green-Szenarien und ihre jeweiligen Ambitionsniveaus im Vergleich. Jedes der in der Tabelle genannten Kategorien ist mit einer Vielzahl von Annahmen hinterlegt, die in (Dittrich, et al. 2020 a-e; UBA 2019a-d) ausführlich dokumentiert sind. Im Kapitel 4.1.4.4 werden die Annahmen beschrieben, die für Getränkeverpackungssysteme relevant sind.

**Tabelle 18: Das Ambitionsniveau der Green-Szenarien im Vergleich**

Optimierungsdimension	GreenEe1	GreenEe2	GreenLate	GreenMe	GreenLife	Green-Supreme
Energieeffizienz	Sehr hoch	Sehr hoch	Mittel	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Materialeffizienz	Hoch	Hoch	Mittel	Sehr hoch	Hoch	Sehr hoch
Technikinnovation	Hoch	Hoch	Gering	Sehr hoch	Hoch	Sehr hoch
Nachhaltiges Handeln	Mittel	Mittel	Gering	Mittel	Sehr hoch	Sehr hoch
Wachstumsbefreiung	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Sehr hoch
Ausgleich des globalen Technologieniveaus	Niedrig	Niedrig	Niedrig	Hoch	Niedrig	Hoch
Verringerung der Flächenneuversiegelung	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch	Sehr hoch	Sehr hoch
Klimaschutzbestrebungen im Pfad	Hoch	Hoch	Mittel	Hoch	Hoch	Sehr hoch

Quelle: Eigene Darstellung auf der Basis von UBA (2019a-d)

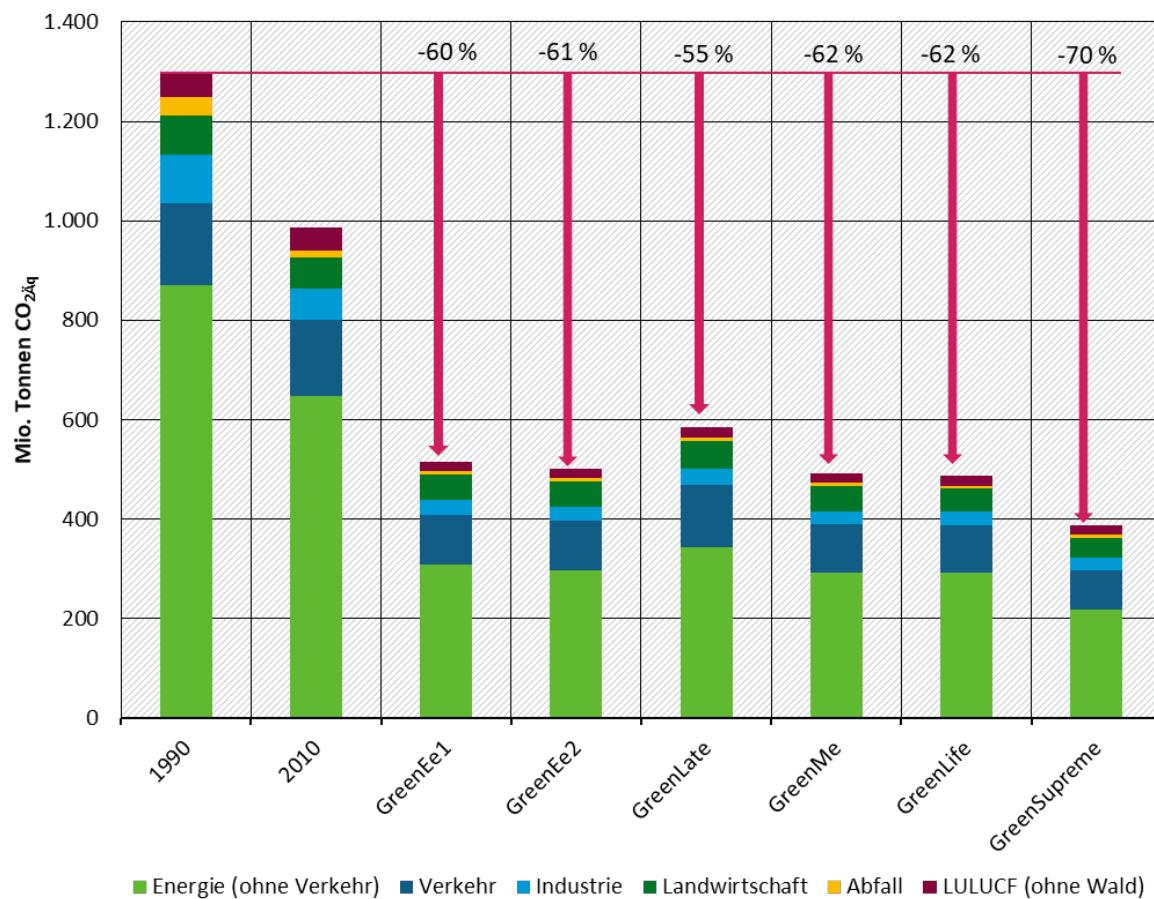
#### 4.1.4.3 Übersicht über relevante Ergebnisse – Rückgang der Treibhausgasemissionen in den Green-Szenarien

Im Projekt RESCUE wurden neben den Energiebedarfen die Treibhausgasemissionen und die Rohstoffbedarfe berechnet. In diesem Kapitel können nicht alle wichtigen Ergebnisse vorgestellt werden. Es wird auf die Treibhausgasemissionen fokussiert, da sie als Referenz bei der Auswahl des im Projekt zu nutzenden Green-Szenarios hilfreich sein können.

Die Treibhausgasemissionen wurden im RESCUE-Projekt aus territorialer Perspektive (nach der Methodik der Nationalen Inventare, NIR), in der Systematik des Klimaschutzplans (KSP) und aus der Konsumperspektive (nach der Methodik, wie sie in der Umweltökonomischen Gesamtrechnung genutzt wird) berechnet. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Treibhausgasbilanzierung nach NIR dargestellt.

Die Rückgänge der THG-Emissionen bis 2030 variieren zwischen den Szenarien vergleichsweise stark, ein Resultat der unterschiedlichen Ambitionsniveaus in den Szenarien und der unterschiedlichen Transformationsgeschwindigkeiten. Im GreenLate-Szenario sinken die THG-Emissionen nur um 54,8 % gegenüber dem Niveau von 1990. Der Rückgang in GreenMe und GreenLife ist vergleichbar mit jeweils rund 62 %. Dies bedeutet, dass die zusätzlichen Annahmen zu Lebensstiländerungen in GreenLife und die zusätzlichen Annahmen zur Erhöhung der Ressourceneffizienz in GreenMe im vergleichbaren Umfang zur Reduktion der THG-Emissionen beitragen. Werden hohe technologische und gesellschaftliche Anstrengungen kombiniert und schneller umgesetzt, ist das Einsparpotenzial erheblich. So sinken im GreenSupreme-Szenario die THG-Emissionen bereits um 70 % bis 2030 (siehe folgende Abbildung).

**Abbildung 36: THG-Emissionen in 2030 gegenüber 1990 und 2010 im Szenario-Vergleich (ohne LULUCF und internationaler Verkehr)**

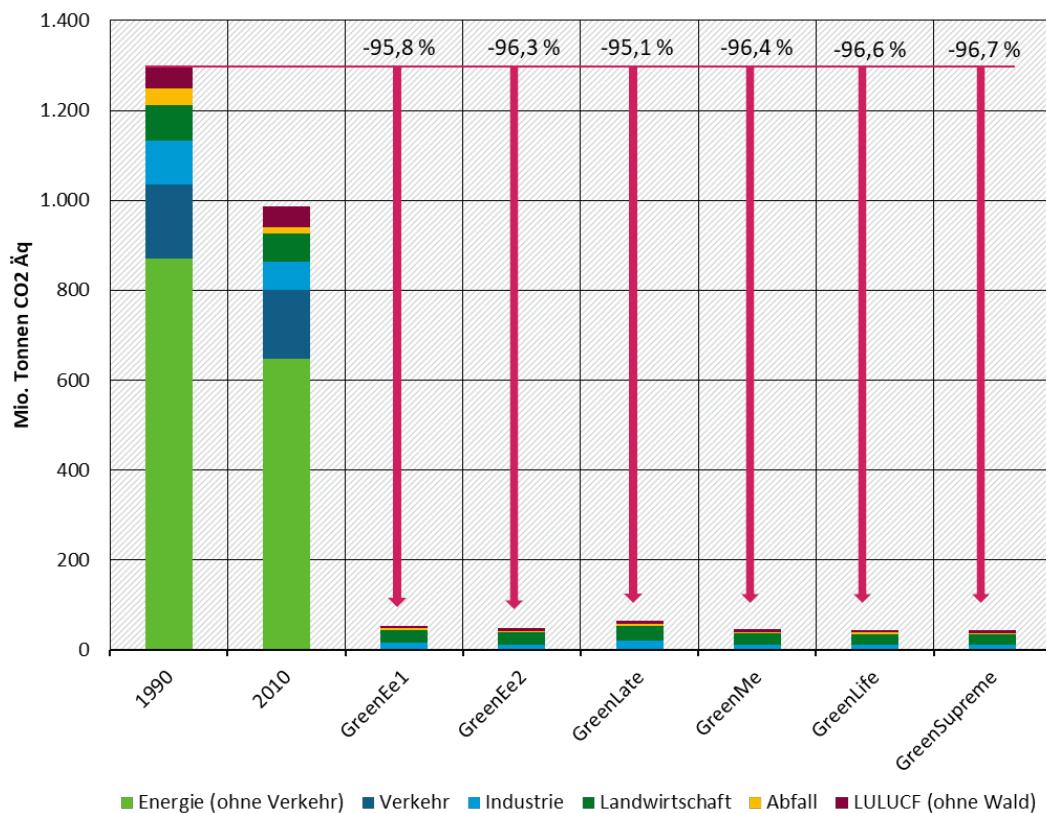


Quelle: Dittrich et al., 2020 f; LULUCF = Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft

Die Szenarien sind Zielszenarien<sup>16</sup>, folglich sinken die THG-Emissionen in allen Green-Szenarien bis 2050 um mindestens 95 % gegenüber 1990 (siehe nachfolgende Abbildung). Der höchste Rückgang wird in GreenSupreme mit 96,7 % erreicht. Die THG-Emissionen liegen in 2050 im GreenSupreme-Szenario bei nur noch 42,9 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>eq und damit 20,6 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>eq niedriger als im GreenLate-Szenario. Der Rückgang im GreenMe- und im GreenLife-Szenario ist wie bereits in 2030 auf einem ähnlichen Niveau.

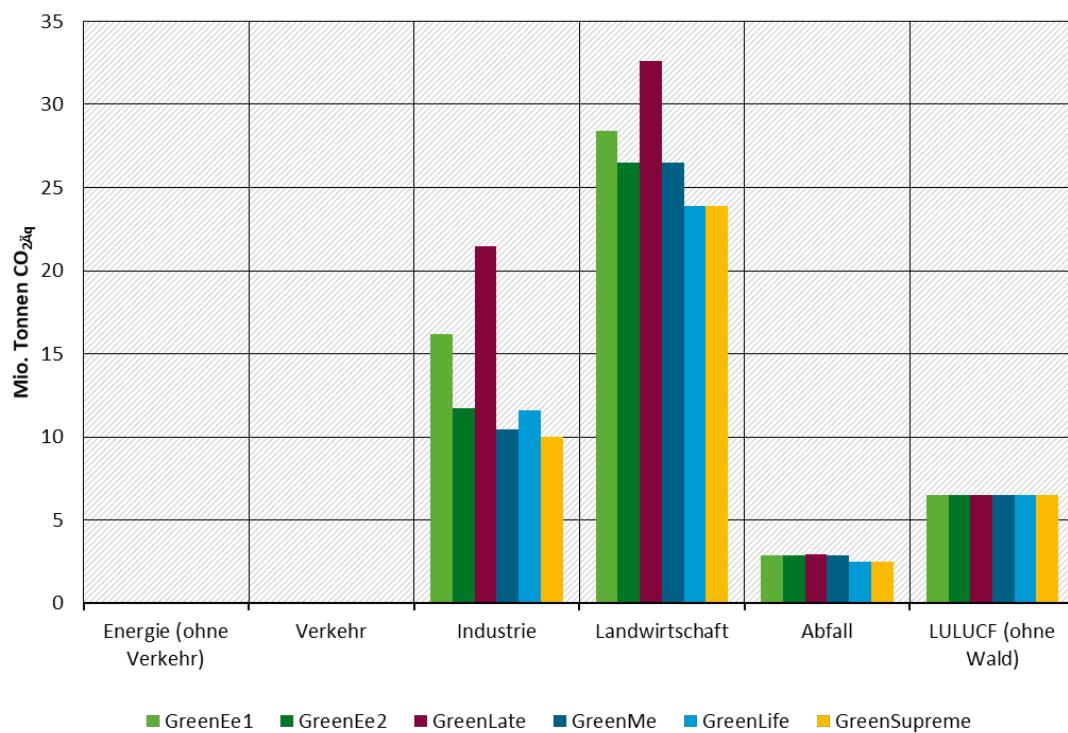
<sup>16</sup> Zielszenarien sind Szenarien, die ein vorgegebenen Ziel – wie hier der Rückgang der THG-Emissionen – erreichen.

**Abbildung 37: THG-Emissionen in 2050 gegenüber 1990 und 2010 im Szenario-Vergleich (ohne LULUCF und internationaler Verkehr)**



Quelle: Eigene Darstellung, ifeu, auf der Basis von Dittrich et al., 2020 a-e

In 2050 werden in allen Green-Szenarien die energie- und transportbedingten THG-Emissionen vermieden (siehe untenstehende Abbildung). Die wesentlichen Unterschiede zwischen den Szenarien resultieren im Wesentlichen aus prozessbedingten THG-Emissionen in der Industrie und aus THG-Emissionen aus der Landwirtschaft. Der Unterschied zwischen dem wenigsten ambitionierten und dem am meisten ambitionierten Szenario GreenLate und GreenSupreme liegt bei 11,4 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> Äq aus Industrieprozessen bzw. bei 8,7 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> Äq aus der Landwirtschaft.

**Abbildung 38: THG-Emissionen in 2050 nach Quellgruppen im Szenario-Vergleich**

Quelle: Dittrich et al. 2020

Die Rechnungen beinhalten nicht die möglichen Senkenwirkungen, die durch den Wald und durch die Nutzung von Forstprodukten in Deutschland erreicht wird. Das Umweltbundesamt führt in der RESCUE-Studie dazu aus, dass durch die nachhaltige land- und forstwirtschaftliche Bewirtschaftung die ambitionierten Szenarien GreenLife und GreenSupreme Netto-Null-Emissionen sicher erreichen können und selbst GreenLate diesem Anspruch nahekommt (UBA 2019a). Die folgende Tabelle zeigt die Spannweiten für die THG-Emissionen mit Berücksichtigung des internationalen Verkehrs und LULUCF.

**Tabelle 19: Treibhausgasminderung im Zielpunkt (2050) der Green-Szenarien mit Berücksichtigung von LULUCF und des internationalen Verkehrs**

Green-Szenario	Minderung ggü. 1990 nach Berücksichtigung der angerechneten Treibhausgasemissionen	Minderung ggü. 1990 mit Berücksichtigung von Treibhausgasemissionen aus LULUCF konservativ	Minderung ggü. 1990 mit Berücksichtigung von Treibhausgasemissionen aus LULUCF optimistisch
GreenEe1	96,2 %	98,3 %	102,9 %
GreenLate	95,4 %	97,5 %	102,1 %
GreenEe2	96,7 %	98,8 %	103,4 %
GreenMe	96,8 %	98,9 %	103,5 %
GreenLife	97 %	99 %	103,6 %
GreenSupreme	97,1 %	99,2 %	103,8 %

Quelle: UBA, 2019a,b

#### 4.1.4.4 Für das Projekt relevante Parameter

Die sechs Green-Szenarien sind mit einer Vielzahl von spezifischen Parametern und Annahmen hinterlegt, die Auswirkungen auf die Ergebnisse von Ökobilanzen haben. Im Hinblick auf Verpackungssysteme sind folgende Aspekte relevant, die im Folgenden skizziert und in den Kapiteln 4.1.4.4.1 bis 4.1.4.4.10 konkretisiert werden:

1. Die Veränderung der Energieerzeugung:
  - Schnelligkeit und Umfang des Umstieges auf erneuerbare Energien bei der Stromherstellung, Zusammensetzung des Strommixes;
  - Veränderungen der Energieinputs bei der Produktion von Kunststoffen, Kartonagen, Glas, Metallen und weiteren Verpackungsinputs;
  - Steigerung der Energieeffizienz.
2. Veränderungen der Distribution:
  - Transformation des Güterverkehrs: Modalsplit, Antriebstechnologien einschließlich Energieerzeugung für die Mobilität (siehe auch Punkt 1);
  - Veränderungen der Transportdistanzen.
3. Veränderungen der Landnutzung:
  - Produktion von Ausgangsstoffen für biotische Verpackungsmaterialien (Holz, NaWaRo) einschließlich Annahmen zu Düngereinträgen;
  - Druck auf die Fläche und Flächenversiegelung.
4. Veränderungen der Kreislaufwirtschaft:
  - Annahmen zu Sekundärrohstoffen in wichtigen Industrien wie die Glas-, Aluminium-, Papier und Kunststoffindustrie;
  - Annahmen zu Änderungen der Abfallbehandlung;
5. Veränderungen der Rohstoffbasis
  - Umstellung der Rohstoffbasis in verschiedenen Industrien, darunter der chemischen Industrie, von fossilen Ausgangsstoffen auf synthetische Rohstoffe (CO<sub>2</sub>-basiert).
6. Zusätzliche Umstellungen von Industrieprozessen:
  - Verfahrensänderungen z.B. in der chemischen oder Metallindustrie
  - Fortschritte in der effizienten Nutzung von Materialien
7. Internationale Verflechtungen und die Annahmen zu den Änderungen der Produktionstechnologien in Europa und im Rest der Welt:
  - Technologieumstellungen von Vorprodukten und Waren, die aus dem Ausland bezogen werden
8. Änderungen im Konsumverhalten, mit Auswirkungen auf die Nachfrage von Verpackungen und den Anfall von Verpackungsabfällen.

##### 4.1.4.4.1 Energie

##### 4.1.4.4.2 Energieproduktion

In allen Green-Szenarien wird die Energieproduktion bis 2050 vollständig defossilisiert. Alle Szenarien sehen eine vollständige heimische Stromversorgung in der Jahresbilanz vor, unterstellen allerdings einen innereuropäischen Austausch. Die Stromproduktion erfolgt vollständig mittels erneuerbarer Energien, wobei Photovoltaik und Windkraft die wesentlichen Technologien in Deutschland stellen; Wasserkraft, Geothermie, die energetische Nutzung von Restbiomassen und Abfällen ergänzen Strom- und zum Teil auch die Wärmeleitung. In allen Green-Szenarien findet eine weitreichende Sektorkopplung statt, so dass das Groß der Mobilität und Wärmeerzeugung mit Strom auf der Basis erneuerbarer Energien bedient wird. Es werden ferner Speicher wie Batterien und Wärmepumpen (Kurzzeitspeicher) und auch die Erzeugung

von synthetischem Gas, das später verstromt wird (Langzeitspeicher) genutzt. Verbleibende Bedarfe wie beispielsweise hohe Temperaturbedarfe in Industrien oder Antriebe im Flug- und Fernverkehr, die nicht über eine direkte Nutzung von Strom betrieben werden können, werden mit Brenn- und Kraftstoffimporten auf der Basis von PtX-Technologien gedeckt.

Die Green-Szenarien unterscheiden sich hinsichtlich der Endenergiebedarfe, der resultierenden installierten Leistungen von Kraftwerken in Deutschland, der erforderlichen Importmengen von Brenn- und Kraftstoffen, der eingesetzten EE-Technologien insbesondere bei Photovoltaik- und Windkraftanlagen, aber auch bei Antriebssträngen im Mobilitätsbereich, der Transformationsgeschwindigkeiten, und vielem mehr. Eine Übersicht über wichtige Parameter gibt die folgende Tabelle.

**Tabelle 20: Übersicht über Parameter im Energiebereich in den Green-Szenarien**

Parameter	GreenEe 1	GreenEe 2	GreenLate	GreenMe	GreenLife	Green-Supreme
Ausstieg aus der Kohleverstromung	Vor 2040					Bis 2030
Austritt aus der Nutzung von Kohle als Brennstoff	Bis 2050					Bis 2040
Endenergiebedarf in 2050, alle Anwendungsbereiche Energie	Niedrig: 1.305 TWh	Niedrig: 1.235 TWh	Hoch: 1.768 TWh	Niedrig: 1.200 TWh	Sehr niedrig: 1.120 TWh	Sehr niedrig: 1.056 TWh
Anteil EE an der Stromproduktion in 2030	75 %	74 %	71 %	74 %	75 %	86 %
Anteil EE an der Stromproduktion in 2050	100 %					
Materialeffiziente Technologien	hoch	hoch	mittel	Sehr hoch	Hoch	Sehr hoch
Energieimporte (PtX)	Rd. 490 TWh	Rd. 480 TWh	Rd. 820 TWh	Rd. 470 TWh	Rd. 410 TWh	Rd. 380 TWh

Quelle: eigene Zusammenstellung auf der Basis von UBA, 2019, Dittrich et al., 2020 a-f

Aufbauend auf das Projekt RESCUE werden im Projekt „Betrachtung von Rohstoffaufwendungen und Umweltwirkungen für die Energiewende in einem ressourcenschonenden und treibhausgasneutralen Deutschland (REFINE, FKZ 3719 31 103 0)“ die Technologieannahmen ausgewählter Schlüsseltechnologien in den Szenarien GreenLate und GreenSupreme variiert. Dabei werden die Technologieannahmen zur zukünftigen Größe und Leistungsfähigkeit von Windkraft- und Photovoltaikanlagen vor dem Hintergrund der technologischen Entwicklungen in den vergangenen Jahren aktualisiert. Die Technologieannahmen aus REFINE berücksichtigen somit den aktuellen Stand und werden daher im Hintergrundsystem für die Getränkeverpackungen mitübernommen.

#### 4.1.4.4.3 Energieeffizienz

In allen Green-Szenarien wird angenommen, dass die Energieeffizienz in allen für die Getränkeverpackungssysteme relevanten Industrien und im Handel steigt.

- In der Glasindustrie wird die höhere Energieeffizienz durch Wärmerückgewinnung von diffuser Abwärme aus nachgelagerten Prozessen wie Kühlbahnen und durch die Umstellung auf Elektrowannen erreicht. Durch die Wärmerückgewinnung sinkt der thermische

Endenergiebedarf um 80 % in 2050 (ggü. 2010) in allen Green-Szenarien. Die Erneuerung des Anlagenparks auf Elektrowannen erfolgt schrittweise, so dass in 2050 [2030] in allen Szenarien 100 % [10 %] der Wannen vollelektrisch beheizt werden. Abweichend wird nur in GreenLate angenommen, dass der Anteil in 2050 [2030] bei nur 15 % [0 %] liegt.

- ▶ In der Aluminiumindustrie wird die höhere Energieeffizienz auch durch die Nutzung von Rest- und Abwärme, durch die Reduzierung des Energieverbrauchs beim Schmelzen und die flächendeckende Etablierung von Energiemanagementsystemen erreicht. In allen Green-Szenarien wird eine Steigerung der Energieeffizienz um 30 % in 2050 angenommen, allerdings variiert die Umstellungsgeschwindigkeit zwischen den Szenarien. Gasbefeuerte Schmelzöfen werden zudem durch strombetriebene Induktionsöfen ersetzt, so dass in allen Green-Szenarien außer GreenLate eine Erhöhung des Stromanteils auf 65 % bis 2050 erreicht wird; die verzögerte Umstellung im GreenLate-Szenario führt zu einem etwas geringeren Anteil.
- ▶ In der Papierindustrie wird ebenso der Energiebedarf in allen Green-Szenarien durch Strom gedeckt. Darüber hinaus wird ein Absinken des spezifischen Energiebedarfs aufgrund von Effizienzmaßnahmen um 48 % (GreenEe 1&2, GreenMe, GreenLife, Greensupreme) bzw. 39 % (GreenLate) in 2050 gegenüber 2010 angenommen.
- ▶ In der chemischen Industrie wird eine Steigerung der Energieeffizienz von 1,5 % pro Jahr unterstellt in allen Green-Szenarien außer in GreenLate, in dem eine Steigerung von 0,56 % pro Jahr angenommen wird.
- ▶ In allen Green-Szenarien wird ferner angenommen, dass die Energieeffizienz auch in sonstigen Industriebranchen sowie im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) steigt.

#### 4.1.4.4.4 Distribution

Im Güterverkehr sind große Veränderungen zu verzeichnen:

- ▶ Modalsplit: In allen Green-Szenarien findet eine Verlagerung des Straßengüterverkehrs auf die Schiene statt. Die Höhe des Güterverkehrsaufkommens wurde in allen Green-Szenarien anhand der Gütermengen berechnet und variiert zwischen den Szenarien. Die folgende Tabelle zeigt die Güterverkehrsleistung nach Verkehrsarten in 2030 und 2050 (Inland).

**Tabelle 21: Modal Split Güterverkehr, Inland in 2030 und 2050 in den Green-Szenarien in %**

Netz	GreenEe 1	GreenEe 2	GreenLate	GreenMe	GreenLife	GreenSupreme
<b>2030</b>						
Straße	63,9	63,2	67,1	62,9	62,8	61,7
Schiene	25,6	26,0	22,3	26,3	26,4	27,1
Wasser	10,5	10,8	10,6	10,8	10,8	11,3
<b>2050</b>						
Straße	58,5	57,3	63,3	55,8	55,3	53,2
Schiene	30,8	31,6	25,9	32,8	33,1	34,6
Wasser	10,7	11,1	10,8	11,4	11,5	12,2

Quelle: eigene Zusammenstellung auf der Basis von Dittrich et al., 2020a-e

- ▶ Antriebstechnologien: In allen Green-Szenarien werden Veränderungen der Antriebstechnologien angenommen. Dazu gehört ein Umstieg auf batterieelektrische Antriebe von leichten Nutzfahrzeugen und Lkw. Für schwere Lkw (>12 t) einschließlich Sattelzüge wird eine Umstellung auf Oberleitungs-Lkw in den Szenarien GreenEe (1&2),

GreenMe, GreenLife und GreenSupreme angenommen. Batterie-elektrische Oberleitungs-Lkws kommen zudem in GreenMe und GreenSupreme zum Einsatz.

- ▶ Transportdistanzen: Grundsätzlich wurden in den Green-Szenarien eine Kontinuität der regionalen Verteilung von Produktionsstätten und Handel unterstellt. In den Szenarien GreenLife und GreenSupreme wurde unterstellt, dass Konsument\*innen ihr Nachfrageverhalten ändern und Lebensmittel (einschl. Getränke) in einem stärkeren Ausmaß regional beziehen, so dass weniger importiert wird. Zu beachten ist, dass sich in Folge der Substitution von Primärrohstoffen durch Sekundärrohstoffe Transportdistanzen ändern, sofern die Primärrohstoffe aus dem Ausland bezogen werden und die Sekundärrohstoffe im Inland gesammelt und aufbereitet werden. Dies ist insbesondere für metallische Rohstoffe relevant.

#### **4.1.4.4.5 Landnutzung**

In allen Green-Szenarien wurden Annahmen zur Veränderung der Landnutzung getroffen. In allen Green-Szenarien werden weiterhin nachwachsende Rohstoffe in der chemischen Produktion und in der Papier- und Kartonherstellung eingesetzt. Annahmen, die Auswirkungen auf die Ökobilanzergebnisse von Getränkensystemen haben, sind:

- ▶ Die Umstellung der (chemischen) Düngemittelproduktion auf regenerative Rohstoffe (siehe Kap. 2.4.1.5.). Diese Umstellung erfolgt in allen Green-Szenarien bis 2050 vollständig, nur die Umstellungsgeschwindigkeit variiert zwischen den Szenarien.
- ▶ Eine Verbesserung des Wirtschaftsdüngemanagements, so dass THG-Emissionen, die bei der Lagerung und Ausbringung freigesetzt werden, reduziert werden, beispielsweise durch Vergärung in Biogasanlagen oder gasdichter Lagerung. In allen Green-Szenarien wird angenommen, dass in 2050 alle erfassbaren Gülle- und Mistmengen in Biogasanlagen vergoren werden; die Umstellungsgeschwindigkeit variiert jedoch zwischen den Szenarien.
- ▶ Die Reduktion des Düngemittelleinsatzes bei der Produktion, z.B. von nachwachsenden Rohstoffen für die chemische Industrie oder von biotischen Werkstoffen, und Verbesserung der Düngemittelausbringungstechniken. In Folge wird die Stickstoffeffizienz erhöht und der Stickstoff-Gesamtüberschuss auf maximal 50 kg pro ha bis 2030 und in den folgenden Jahren in allen Szenarien gesenkt.
- ▶ Die Umstellung von konventioneller auf ökologische Landwirtschaft. In allen Green-Szenarien wird angenommen, dass der Ökoflächenanteil kontinuierlich von derzeit 9,1 % auf 20 % in 2050 steigt.

Der Druck auf die Nutzung von Flächen nimmt in allen Green-Szenarien ab. Dies geschieht einmal über die sinkende Ausweisung neuer Siedlungsflächen: In allen Green-Szenarien werden im Zieljahr netto keine neuen Siedlungsflächen ausgewiesen. Zum anderen wird Primärbiomasse ab 2030 in allen Green-Szenarien nicht mehr energetisch genutzt, wodurch sowohl landwirtschaftlich als auch forstwirtschaftlich genutzte Flächen reduziert werden und für den Naturschutz, insbesondere für den Erhalt der Biodiversität und als zusätzliche CO<sub>2</sub>-Senken, zur Verfügung stehen.

#### **4.1.4.4.6 Kreislaufwirtschaft**

In allen Green-Szenarien wurden Annahmen zur Verbesserung der Kreislaufwirtschaft getroffen. Gegenwärtig sind (je nach spezifischem Rechenansatz) zwischen 10 und 15 % aller in Deutschland genutzten Rohstoffe sogenannte Sekundärrohstoffe. Dieser Anteil erhöht sich in allen Green-Szenarien. Für Getränkeverpackungen sind die Sekundäranteile in der Glas-, Aluminium-, Papier- und Kunststoffindustrie besonders relevant. In RESCUE waren die

Sekundärrohstoffanteile weitgehend vorgegeben. Die Projektergebnisse zeigten, dass die Sekundärrohstoffe insbesondere bei den Metallen global nicht in den angenommenen Mengen zur Verfügung stehen. Im Projekt REFINE wurden daher erreichbare Sekundärrohstoffanteile für die Metalle in den Szenarien GreenLate und GreenSupreme unterstellt, die hier übernommen werden. Die beiden folgenden Tabellen zeigen die Annahmen für das Jahr 2050 in der Übersicht.

**Tabelle 22: Sekundäranteile in der Glas-, Aluminium- und Papierindustrie in den Green-Szenarien in 2030 und 2050**

	GreenEe (1&2)	GreenLate	GreenMe	GreenLife	GreenSupreme
<b>2030</b>					
Scherbenanteil [%] der Glasproduktion	45	45	45	45	45
Aluminiumschrottanteil [%] der Aluminiumproduktion	62	58 REFINE: 50*	62	62	62 REFINE: 52*
Altpapieranteil [%] an der Papier- und Kartonproduktion	79	79	79	79	79
<b>2050</b>					
Scherbenanteil [%] der Glasproduktion	69	60	69	69	69
Aluminiumschrottanteil [%] der Aluminiumproduktion	90	70 REFINE: 52*	90	90	90 REFINE: 58*
Altpapieranteil [%] an der Papier- und Kartonproduktion	80	-	80	80	80

Quelle: UBA 2019a; Dittrich et al. 2020a-e; \*noch unveröffentlicht

Für die Kunststoffproduktion wurde kein Anteil der rezyklierten Kunststoffe an der Gesamtkunststoffproduktion festgelegt (Substitutionsquote), sondern ein veränderter Anteil der rezyklierten Mengen an den Post-Consumer-Abfällen (Recyclingquote) in den Szenarien GreenMe, GreenLife und GreenSupreme angenommen.

**Tabelle 23: Recyclingquote der Kunststoffe (post-consumer) in 2030 und 2050**

	GreenEe (1&2)	GreenLate	GreenMe	GreenLife	GreenSupreme
Recyclingquote [%] der kunststoffhaltigen Post-consumer Abfälle	-	-	2030: 58 2050: 75	2030: 55 2050: 65	2030: 58 2050: 75
Quelle: UBA, 2019a; Dittrich et al., 2020e					

Bei der Abfallbehandlung wird in allen Green-Szenarien unterstellt, dass eine kontinuierliche Umrüstung der MBA zu mechanisch-biologischen Stabilisierungsanlagen (MBS) stattfindet, so dass 2050 ausschließlich MBS-Anlagen in Betrieb sind und somit Abgasmengen, Methan- und Lachgasemissionen reduziert werden können. Spätestens ab 2050 werden die kohlenstoffhaltigen Abfälle ausschließlich auf erneuerbaren Energien beruhen.

### Hinweis zur Abbildung der Kreislaufwirtschaft in den ökobilanziellen Berechnungen dieser Studie:

Verwertungsquoten und Einsatzquoten von Sekundärmaterial sind verpackungssystemspezifische Parameter die im Rahmen des AP 2 individuell für jedes betrachtete Verpackungssystem erhoben und prognostiziert werden. Die in der obenstehenden Tabelle dokumentierten Quoten dienen a) der transparenten Darstellung der Annahmen der RESCUE Szenarien und b) der Abbildung der Entsorgungswege nicht verpackungssystemspezifischen Abfälle im System.

#### 4.1.4.4.7 Änderungen der Rohstoffbasis

In allen Green-Szenarien wird angenommen, dass in 2050 keine fossilen Rohstoffe mehr genutzt werden. Die fossilen Rohstoffe werden durch synthetische Rohstoffe, die auf der Basis von CO<sub>2</sub> aus der Luft und mittels Elektrolyse (mit Strom aus erneuerbaren Energien) bzw. nachgelagerten Verfahren erzeugt werden. Mit Blick auf die Getränkeverpackungen sind zwei Industrien relevant:

- ▶ In der Nicht-Eisen-Metallindustrie werden fossile Rohstoffe, die als Reduktionsmittel genutzt werden, durch Reduktionsmittel auf der Basis von synthetisch hergestellten Gasen (Power to Gas, PtG) genutzt. Speziell in der Primäraluminiumindustrie werden zudem Kohlenstoffanoden durch inerte Anoden bis 2050 vollständig substituiert; die Umstellungsgeschwindigkeit variiert zwischen den Szenarien.
- ▶ In der chemischen Industrie findet darüber hinaus eine vollständige Umstellung der Rohstoffbasis statt: Fossile Rohstoffe wie Erdöl und Erdgas werden durch synthetisches Gas und Öl substituiert, die auf der Basis von CO<sub>2</sub> aus der Luft, Wasser und EE-Strom erzeugt werden. Die Produktion der neuen Rohstoffe ist identisch mit der Produktion von synthetischem Gas (Power to Gas, PtG) und Öl (Power to Liquid, PtL), wie es in Kap. 2.2.1.1. beschrieben wurde. Die Umstellung ist in allen Green-Szenarien in 2050 vollständig vollzogen. Die Geschwindigkeit der Umstellung variiert jedoch zwischen den Szenarien und ist in GreenLate am langsamsten und in GreenSupreme am schnellsten. Im Szenario GreenMe wird zusätzlich angenommen, dass die Adipin- und Salpeterproduktion mit Butadien produziert wird, was zusätzlich zu der (in allen Green-Szenarien unterstellten) effizienteren Distickstoffmonoxidabscheidung zu einer Minderung der Lachgas-Emissionen führt.

#### 4.1.4.4.8 Weitere Umstellungen in der Industrie

Zusätzlich zu den oben bereits genannten Veränderungen wurden weiteren Annahmen zur Transformation in Industriezweigen getroffen, die für Vorprodukte, die für Getränkeverpackungen benötigt werden, relevant sind. So wurde ein Anstieg der Ressourceneffizienz, das heißt, des durchschnittlichen Materialinputs pro produzierten Outputs, für alle Industrien, für die keine spezifischen Annahmen getroffen wurden, angenommen. Mit Blick auf die Verpackungssysteme betrifft dies beispielsweise Abfüllanlagen, Pumpen, Reinigungsanlagen und Ähnliches. Die spezifischen Steigerungen der Ressourceneffizienz werden in der folgenden Tabelle aufgezeigt.

**Tabelle 24: Annahmen zur jährlichen Steigerung der Ressourceneffizienz in sonstigen Industriezweigen**

	GreenEe (1&2)	GreenLate	GreenMe	GreenLife	GreenSupreme
Jährliche Steigerung der Ressourcen-effizienz in %	1,1 %	0,9 %	1,2 %	1,1 %	1,2 %

Quelle: UBA, 2019a

#### **4.1.4.4.9 Internationale Verflechtungen und Transformation im Ausland**

In allen Szenarien wurde angenommen, dass Deutschland weiterhin in den internationalen Markt eingebunden ist und die internationalen wirtschaftlichen Marktverflechtungen sowohl innerhalb der Europäischen Union als auch mit Ländern außerhalb der Europäischen Union fortgeführt werden. Die grundsätzliche Annahme ist, dass es keine Verschiebungen zwischen der Herkunft aus Deutschland, Europa und nicht-europäischen Ländern gibt. Das bedeutet, Rohstoffe und Halbwaren, die gegenwärtig in Deutschland [in der EU bzw. im Rest der Welt] extrahiert und hergestellt werden, werden auch zukünftig in Deutschland [in der EU bzw. im Rest der Welt] hergestellt. Ausgenommen von dieser Regel sind Sekundärrohstoffe und Energierohstoffe. Bei den Sekundärrohstoffen erhöht sich der Anteil, der in Deutschland rezykliert wird, aufgrund der angenommenen Anstrengungen zur Verbesserung der Kreislaufwirtschaft (siehe Kapitel 4.1.4.4.6). Bei den Energierohstoffen verändern sich die regionalen Verflechtungen aufgrund der Transformation der Energiesysteme dahingehend, dass der Anteil der aus dem Ausland bezogenen Nutzenergie im Verhältnis zu dem Anteil der in Deutschland gewonnenen Nutzenergie sinkt.

Für die Hintergrundsysteme in Ökobilanzen sind die Annahmen zur Transformation im Ausland wichtig, weil Rohstoffe und Vorprodukte aus dem Ausland bezogen werden. In allen Szenarien wurde angenommen, dass sich die Produktionstechnologien im Ausland verändern werden:

- ▶ Für die EU wurde angenommen, dass sich die Produktionstechnologien wie in Deutschland ändern, das umfasst alle Annahmen zur Änderung des Energiesystems<sup>17</sup>, der energie- und rohstoffbezogenen Effizienzsteigerungen, der Kreislaufwirtschaft und der Substitution der fossilen Rohstoffe durch synthetische Rohstoffe. Das bedeutet, in allen Green-Szenarien verläuft die Transformation parallel zur Transformation in Deutschland.
- ▶ Für die Länder im Rest der Welt wurden unterschiedliche Schnelligkeiten angenommen: In den Szenarien GreenEe (1 & 2), GreenLate und GreenLife wurde angenommen, dass die Transformation aller Produktionstechnologien etwas langsamer verläuft als in Deutschland und der Zielzustand, der in der EU bereits 2050 erreicht wird, im Rest der Welt erst zehn Jahre später erreicht wird. In den Szenarien GreenMe und GreenSupreme wurde angenommen, dass der Zielzustand in allen Ländern weltweit in 2050 erreicht wird.

#### **4.1.4.4.10 Konsumverhalten**

In allen Green-Szenarien wird angenommen, dass Lebensmittelabfälle signifikant reduziert werden in der landwirtschaftlichen sowie Nahrungsmittelproduktion, dem Handel und in den privaten Haushalten. Allerdings beziehen sich diese Annahmen vor allem auf Speisen und nicht auf Getränke.

In den Szenarien GreenLife und GreenSupreme wurden darüber hinaus spezifische Annahmen zum veränderten Konsumverhalten getroffen, die Auswirkungen auf Getränkeverpackungssysteme haben:

- ▶ Der Bedarf an Verpackungspapieren sinkt in 2050 um 30 % gegenüber der aktuellen Situation. Dies wird beispielsweise durch den Verzicht auf doppelte Verpackungen oder durch verpackungsfreies Einkaufen (z.B. auf Märkten mit Direktvermarktung) erreicht.

### **4.1.5 Auswahl für das Projekt**

In diesem Projekt musste eine Entscheidung getroffen werden, welches Green-Szenario als Hintergrundsystem genutzt wird. Dazu wurden zunächst Kriterien vorgeschlagen und diskutiert.

---

<sup>17</sup> Hierbei wurden spezifische Annahmen zu EE-Potenzialen und nationale Planungen in europäischen Ländern berücksichtigt.

Die finale Wahl des zu verwendenden Green-Szenarios wurde durch die auftraggebenden Organisationen getroffen.

#### 4.1.5.1 Kriterien für die Auswahl und Empfehlung

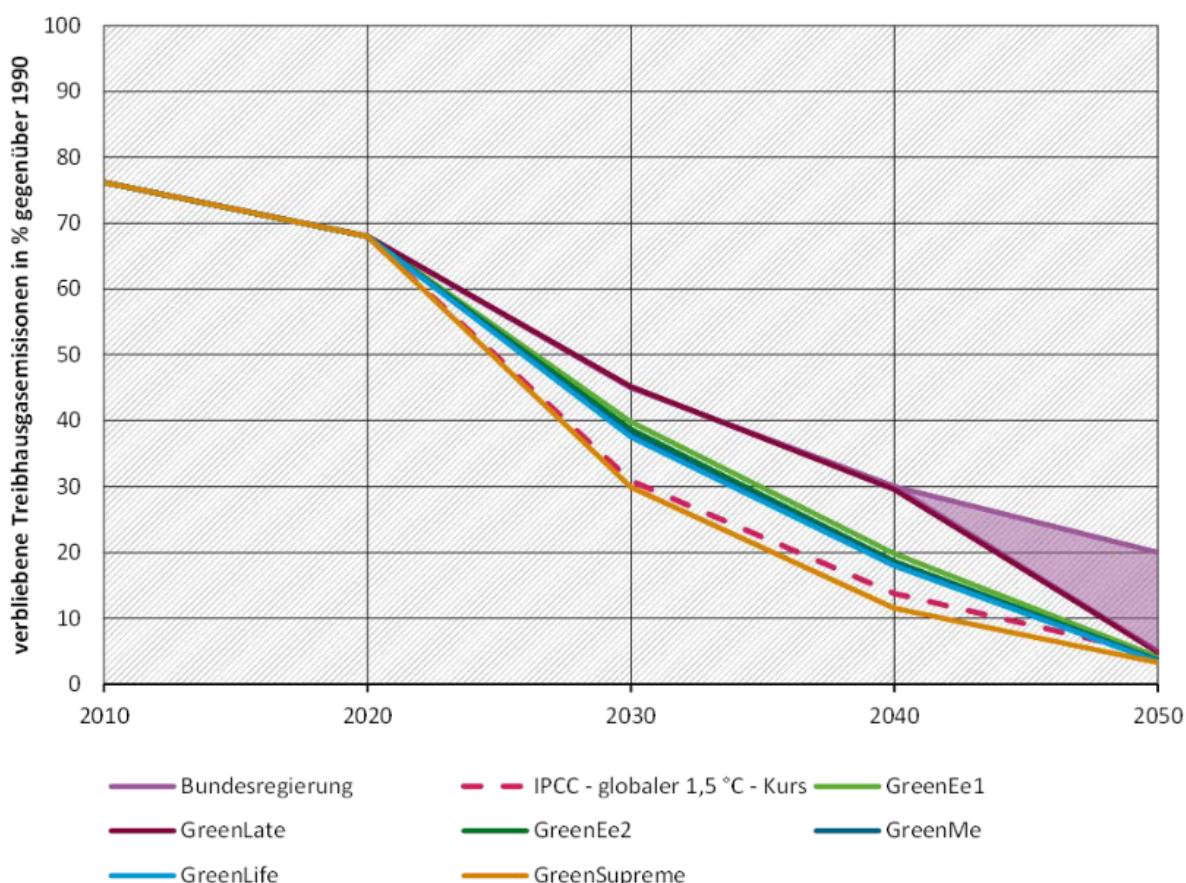
Verschiedene Kriterien können für die Auswahl genutzt werden:

1. Ist die Datenlage ausreichend gut dokumentiert und zugänglich?
2. Sind ausreichend Vorarbeiten vorhanden, so dass die Szenarien nutzbar sind?
3. Welcher zeitliche Perspektive ist relevanter? Eher eine mittelfristige (2030) oder eine langfristige (2045/2050) Perspektive?
4. Welche grundlegende Annahme zur Transformationsgeschwindigkeit und -tiefe soll getroffen werden? Eher eine „pessimistischere“ mit langsamen und weniger tiefgreifenden Veränderungen, oder eher eine „optimistischere“ mit zügigen und tiefgreifenden Veränderungen?
5. Berücksichtigung des deutschen Beitrages zur Einhaltung des Ziels, den Klimawandel auf 1,5°C zu begrenzen.
6. Wahrscheinliche Akzeptanz im Begleitkreis

- ▶ Zu 1: Alle Annahmen, die für die Ausgestaltung der Green-Szenarien getroffen wurden, sind gleichermaßen gut dokumentiert und zugänglich. Daher führt die Anwendung dieses Kriteriums nicht zu einer Einengung der Auswahl.
- ▶ Zu 2: Für die Szenarien GreenEe 1, GreenLate und GreenSupreme liegen hinreichende Vorarbeiten aus anderen UBA-Projekten vor. So wurden wesentliche Annahmen zur Umstellung des Energiesystems und zu Umstellungen in der Metall- und Zementindustrie in GreenEe 1 im Projekt SYSEET in ein Hintergrundsystem übertragen, das in Ökobilanzen nutzbar ist. Im Projekt REFINE wurden (bzw. werden) die Hintergrundsysteme der Szenarien GreenLate und GreenSupreme (Energiesystem einschl. Mobilität, Industriemstellungen, Ressourceneffizienz- und Kreislaufwirtschaft) in ein ökobilanziell nutzbares Hintergrundsystem übertragen.
- ▶ Zu 3: Da die Green-Szenarien Zielszenarien sind, unterscheiden sie sich im Zieljahr 2045/2050 nicht so stark wie im Transformationsjahr 2030. Gleichzeitig sind die Änderungen in allen Szenarien in 2045/2050 tiefgreifender als in 2030 im Vergleich zu heute. Für die Auswahl der Szenarien bedeutet dies, dass bei der Wahl des Jahres 2030 noch vergleichsweise große Unterschiede zwischen den Green-Szenarien bestehen und entsprechend alle Szenarien für die Auswahl in Betracht kommen. Im Gegensatz dazu sind die (für Ökobilanzen von Getränkeverpackungssysteme relevanten) Unterschiede zwischen GreenMe, GreenLife und GreenSupreme in 2045/2050 zwar vorhanden, aber nicht so stark ausgeprägt; ähnlich ist es mit Blick auf GreenEe 1 & 2, so dass die Auswahl sich auf a) starke Veränderung (GreenMe, GreenLife, GreenSupreme), mittlere Veränderung (GreenEe 1 & 2) oder c) weniger Veränderung (GreenLife) reduzieren lässt.
- ▶ Zu 4: Die grundlegende Annahme zur Transformationsgeschwindigkeit und -tiefe ist eine Entscheidung, die letztendlich nur politisch getroffen werden kann: Geht man eher von Entwicklungen aus, in denen der Rückgang der THG-Emissionen in 2030 die aktuellen nationalen Ziele (-65 %) nicht, jedoch die EU-Ziele von -55 % erreicht werden (= GreenLate mit -55 % Rückgang bis 2030), oder möchte man eher eine Beschleunigung der Transformation angesichts des sich rapide entwickelnden Klimawandels und einer unterstellten beschleunigten politischen und gesellschaftlichen Änderung unterstellen, in der die Ziele übertroffen werden (= GreenSupreme mit -70% Rückgang bis 2030)?

- Zu 5: Die THG-Emissionen, die kumuliert zwischen heute und 2050 in Deutschland emittiert werden, unterscheiden sich zwischen den Szenarien. Den erforderlichen Anstrengungen zur Minderung der THG-Emissionen, die vom IPCC (2021) für einen 1,5°C-Pfad errechnet wurden, wird ausschließlich GreenSupreme gerecht. Die Szenarien GreenEe 1&2, GreenLate, GreenMe und GreenLife genügen nicht (siehe folgende Abbildung). Der sechste Sachstandsbericht des IPCC (2021) geht davon aus, dass bereits 2030 eine durchschnittliche globale Temperaturerhöhung von 1,5°C erreicht wird. Das den Menschen verbleibende THG-Emissionsbudget ab 2020 ist gleichzeitig annähernd gleich zum zuvor berechneten Budget ab 2015 geblieben. Im Szenario GreenSupreme sind sehr ambitionierte Veränderungen nicht nur in Deutschland, sondern auch im Rest der Welt unterstellt. Es ist somit weiterhin das einzige Green-Szenario, das den Anstrengungen nahekommt, die erforderlich sind, um einen 1,5°C-Pfad einzuhalten.

**Abbildung 39: Entwicklung der verbleibenden, angerechneten Treibhausgasemissionen der Green-Szenarien**



Quelle: UBA, 2019a; Hinweis: Ziele der Bundesregierung basierend auf BMWI, 2010.

- Zu 6: Im Begleitkreis sind sowohl Vertreter\*innen aus der Wirtschaft als auch aus der Zivilgesellschaft vertreten. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine optimistische und zur Begrenzung des Klimawandels erforderliche Veränderung auf höhere Akzeptanz stoßen wird als ein Szenario, das den Erfordernissen nicht gerecht wird.

Insbesondere die Kriterien 5 und 6 führen zu einer eindeutigen Auswahl. Vor diesem Hintergrund wurde seitens der Auftragnehmer\*innen empfohlen, **das Szenario GreenSupreme als Hintergrund-Szenario im Projekt „Ökobilanzielle Analyse von Optimierungspotentialen bei Getränkeverpackungen“ zu nutzen.**

#### 4.1.5.2 Ergebnis der Auswahl

Die RESCUE-Studie zeigt Lösungsansätze und Handlungsoptionen auf, mit denen eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität in Deutschland bis zum Jahr 2050 erreicht werden kann. Die sechs untersuchten Szenarien setzen dabei unterschiedliche Schwerpunkte und definieren auch unterschiedliche Ziele. Nur das sehr ambitionierte Szenario GreenSupreme kann einen relevanten Beitrag zur Erreichung des 1,5°-Ziels des Pariser Klimaabkommens leisten. Da dieses Ziel Grundlage der aktuellen deutschen Klimapolitik ist und zudem die Zielerreichung auf das Jahr 2045 vorgezogen wurde, kann nur das GreenSupreme Szenario als Grundlage für die prospektive Ökobilanz herangezogen werden. Vor diesem Hintergrund wurde auf einem projektinternen Treffen am 8. September 2021 durch die auftraggebenden Organisationen beschlossen, dass das RESCUE-Szenario GreenSupreme als Hintergrundsystem in diesem Projekt zu verwenden ist. Dabei wurde das Zieljahr 2050 auf 2045 „verschoben“, da dies dem aktuellen bundespolitischen Ziel entspricht.

Diese Entscheidung wurde erstmalig im Auftakttreffen des Begleitkreises am 18. Oktober 2021 den Vertreter\*innen des Begleitkreises präsentiert und diskutiert. Darüber hinaus wurde diesem Thema im dritten Begleitkreistreffen am 25. April 2022 ein eigener Tagesordnungspunkt gewidmet, indem die Ergebnisse des 1. Arbeitspakets erneut eingeordnet wurden. Dabei wurde insbesondere auf die Unterschiede zwischen Vordergrund- und Hintergrunddaten eingegangen und dargelegt, welche dieser beiden Datengruppen im hier durchgeführten Forschungsvorhaben aus der RESCUE-Studie bedient wird. Der Vortrag adressierte eine Reihe von Anmerkungen aus dem Begleitkreis hinsichtlich der Verwendung der RESCUE-Studie und speziell des GreenSupreme Szenarios als Datengrundlage für die Rahmenannahmen in den Zukunftsszenarien. Im Nachgang des dritten Begleitkreistreffens wurde auf Bitte der Vertreter\*innen des Begleitkreises der Zwischenbericht zum ersten Arbeitspaket angepasst und klarer herausgestellt, welche Annahmen aus dem GreenSupreme Szenario für die hier durchgeführte Studie relevant sind und welche nicht.

Im Szenario GreenSupreme werden neben einem deutlich vorgezogenen Ausstieg aus der fossilen Stromerzeugung ambitionierte Ziele zur Materialeffizienz und ein Wandel der persönlichen Lebens- und Konsumstile der Bundesbürger hin zu einem suffizienten Lebensstil und einer gesunden Ernährung mit fleischreduzierter, regionaler und saisonaler Kost unterstellt. Die Szenarien des GreenSupreme Szenarios projizieren vor allem bereits heute etablierte Trends klimabewusster Milieus auf die Gesamtbevölkerung. Wie bei jeder Mittelwertbildung wird auch im GreenSupreme Szenario davon ausgegangen, dass es hinsichtlich der Konsumsituationen individuelle Abweichungen nach oben und unten geben wird. Daher verbieten sich grundsätzliche produkt- oder verhaltensbezogene Aussagen, aus denen mögliche Zirkelschlüsse für das hier vorgestellte Projekt abgeleitet werden könnten. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass auch im Jahr 2045 alle hier untersuchten Produkte im Sinne einer freien und sozialen Marktwirtschaft hergestellt und angeboten werden. Möglicherweise wird sich aber die Größe und Struktur des Absatzmarktes verändern.

Das Projekt RESCUE bildet die Grundlage für die Ableitung der Datensätze zur Beschreibung der Energiebereitstellung, des Materialaufkommens und der Transportsituation in den Jahren 2030 und 2045. Diese Daten werden derzeit im Vorhaben REFINE in Ökobilanzdaten übersetzt. Diese Daten finden im Rahmen der hier durchgeführten Modellierung Anwendung. Darüber hinaus werden Annahmen zur Energieeffizienz und zur Erzeugung von Prozesswärme aus dem GreenSupreme Szenario übernommen und im Rahmen der Modellierung verwendet. Allgemeine

volkswirtschaftliche Aussagen zur Wachstumsbefreiung sowie zur Veränderung der Kreislaufwirtschaft sind für das hier vorgestellte Projekt nicht relevant, da im Rahmen der Erstellung eigene, verpackungssystemspezifische Daten generiert werden. Dies entspricht der typischen Vorgehensweise einer Verpackungsökobilanz, bei der die bundesdeutschen Durchschnittsdaten zur Entsorgungssituation immer nur eine Fall-Back-Option darstellen, die in der Regel mit systemspezifisch erhobenen oder abgeleiteten Daten überschrieben werden.

Das GreenSupreme Szenario der RESCUE-Studie bildet somit die Grundlage für die in REFINE umgesetzte Abbildung der Hintergrunddaten der Modellierung. Die Ergebnisse dieses Projektes sind jedoch unabhängig von der im GreenSupreme Szenario beschriebenen Welt zu lesen. Ziel der Studie ist es auch nicht, die Getränkeverpackungen des Jahres 2045 zu bewerten oder gar zu vergleichen. Vielmehr sollen die Optimierungspotenziale der einzelnen Getränkeverpackungen bis zum Jahr 2045 identifiziert und bewertet werden. Dabei ist zu unterscheiden, welche Optimierungspotenziale systemimmanent zu heben sind und wie diese adressiert werden können und welche Optimierungen sich für die Systeme durch die gesamtgesellschaftlich angestoßenen Bemühungen hin zu einer ressourcenschonenden Treibhausgasneutralität in Deutschland ergeben.

## 4.2 Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien

### 4.2.1 Zielsetzung des Arbeitspaket

#### Ziele

Die Ziele des zweiten Arbeitspaket sind:

1. die Verpackungssysteme zur ökobilanziellen Bewertung auswählen,
2. die Verpackungssysteme hinsichtlich der aktuellen Gegebenheiten und der Optimierungspotentiale für 2030 und 2045 mit Unterstützung des Begleitkreises untersuchen und
3. die Basisdaten und Optimierungsszenarien der Verpackungssysteme für die Sachbilanzierung aufbereiten, mit dem Begleitkreis und Auftraggeber abstimmen und tabellarisch übersichtlich darstellen.

#### Auswahl der Verpackungen

Die Verpackungssysteme zur ökobilanziellen Bewertung sollen gemäß den Mindestanforderungen ausgewählt werden. Mit der Verpackungsauswahl wird auch das Ziel verfolgt, die Verpackungssysteme hinsichtlich ihrer Verpackungsanforderungen so zusammenzufassen bzw. zu verdichten, dass möglichst allgemeingültige Ergebnisse erzielt werden.

#### Basisdaten

Die Basisdaten stellen die aktuellen Gegebenheiten der Verpackungssysteme dar. Differenzierungen stehen dabei nur insofern im Fokus, als sie für die ökobilanzielle Analyse besonders relevant sind.

Die Basisdaten sollen eine solide Grundlage bilden, auf die die Optimierungspotentiale für 2030 und 2045 bezogen werden können.

#### Optimierungspotentiale

Ziel ist es, in einem zweiten Schritt, die ausgewählten Verpackungssysteme auf ihre Optimierungspotentiale hin zu untersuchen. Dabei kommt den Marktakteuren aus dem Begleitkreis eine wichtige Rolle zu, indem sie Daten zu den Optimierungspotentialen zur

Verfügung stellen. Diese werden dahingehend bewertet und eingeordnet, ob sie 2030 und 2045 für den Gesamtmarkt eines Verpackungssystems als realistisch angenommen werden können.

### Aufbereitung der Daten / Abstimmung mit dem Begleitkreis

Die Daten werden in zweierlei Hinsicht aufbereitet:

- Zur Abstimmung mit dem Auftraggeber und dem Begleitkreis sowie
- zur Sachbilanzierung der Verpackungssysteme.

### Bezugsjahre

Das Ziel des Vorhabens ist eine zukunftsgerichtete ökobilanzielle Analyse der Optimierungspotentiale von Getränkeverpackungen. Der Fokus der Untersuchung liegt daher stärker auf den mittelfristigen und langfristigen Optimierungspotentialen bis 2030 und 2045 als auf der Erhebung der aktuellen Gegebenheiten.

Die aktuellen Gegebenheiten werden in den Basisdaten beschrieben, die auf kein Bezugsjahr festgelegt sind. Den Basisdaten liegen vielmehr verschiedene Marktuntersuchungen zugrunde. Im Rahmen der Untersuchung werden möglichst aktuelle Daten, bspw. für die Materialgewichte, die Umlaufzahlen, oder den Rezyklateinsatz verwendet. Je nach Datenlage können die Bezugsjahre der Verpackungsspezifikationen von 2018 bis 2021 variieren.

Für die Auswahl der Verpackungssysteme ist es hingegen notwendig, ein festes Bezugsjahr zu wählen. In Abstimmung mit dem Umweltbundesamt verwenden die Auftragnehmer die vorläufigen Daten zum Getränkeverbrauch 2020 in Deutschland, die der Studie „Bundesweite Erhebung von Daten zum Verbrauch von Getränken in Mehrweggetränkeverpackungen“ zugrunde liegen.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Bezugsjahre des Vorhabens.

**Abbildung 40: Bezugsjahre der Verpackungsauswahl und Szenarien**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

### 4.2.2 Auswahl der Verpackungssysteme

Eine zentrale Aufgabe des Arbeitspakets bestand in der Auswahl der zu untersuchenden Verpackungssysteme. In AP 2 sollte gemäß der Leistungsbeschreibung ein Überblick der unterschiedlichen technischen Anforderungen an Getränkeverpackungssysteme gegeben werden. Mit der Auswahl der Verpackungssysteme sollten sinnvolle Gruppen für die

Szenarienvergleiche gebildet werden. Dabei standen die Getränkesegmente Bier, Wässer und Erfrischungsgetränke im Fokus der Untersuchung.

Die Festlegung der zu untersuchenden Getränkesegmente hat einen wichtigen Einfluss auf die zu analysierenden Verpackungssysteme. Je nach Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes ergeben die marktrelevanten Verpackungssysteme ein anderes Ergebnis (vgl. Detzel et al. 2016). Gemäß den Anforderungen der Leistungsbeschreibung orientierte sich die Auswahl der Verpackungssysteme an der Methodik für die Erstellung von Ökobilanzen im Getränkebereich (Detzel et al. 2016).

Der zukunftsgerichtete Blickwinkel der ökobilanziellen Analyse machte es notwendig, bei Bedarf von den Mindeststandards abzuweichen. Im Rahmen des Vorhabens war es daher nicht notwendig, ausschließlich nach den Kriterien der Mindestanforderungen an die Auswahl der zu untersuchenden Verpackungen heranzugehen. Nichtsdestotrotz sind die Mindestanforderungen zentral zur Auswahl der Verpackungen. Ein Vergleich verschiedener Verpackungssysteme war im Rahmen des Vorhabens nicht vorgesehen. Die Auswahl eines Referenzsystems war daher nicht notwendig.

#### **4.2.2.1 Definitionen und Abgrenzungen**

##### **4.2.2.1.1 Definition der Marktebene**

Der Getränkeverbrauch in Deutschland wird als relevante Marktebene definiert. Relevant für den Untersuchungszusammenhang sind allerdings nur Getränke, die im trinkfertigen Zustand abgepackt und distribuiert werden. Nicht erfasst sind daher Getränke, die z.B. im Post-Mix-Verfahren wie in der Gastronomie hergestellt werden. Im Rahmen der Untersuchung umfasst der Getränkeverbrauch neben dem Haushaltsverbrauch auch den Außer-Haus-Verbrauch.

Den Daten zum Getränkeverbrauch liegen umfangreiche Marktuntersuchungen zugrunde. So führt die GVM seit vielen Jahren im Auftrag des UBA die bundesweite Erhebung von Daten zur Einweg- und Mehrwegabfüllung von Getränken durch (vgl. GVM 2021).

##### **4.2.2.1.2 Einbezogene Füllgrößen**

Im Rahmen der Auswahl der Verpackungssysteme werden alle Füllgrößen bis einschließlich zehn Liter einbezogen. Hierbei wird die Auswahl unabhängig von dem Größenkriterium der Füllgrößen auf 0,1 bis 3,0 Liter, für die laut VerpackG nach § 31 Abs. 4 die Pfandpflicht gilt, vorgenommen. Die vorliegende Untersuchung orientiert sich an der Systematik der Studie „Bundesweite Erhebung von Daten zum Verbrauch von Getränken in Mehrweggetränkeverpackungen“ im Auftrag des UBA.

Füllgrößen über zehn Liter, meist Verpackungsvarianten wie Post- und Premix, Gallonen für Wasserspender sowie Fassware, werden nicht berücksichtigt, da sie überwiegend in Mehrweggebinden im gewerblichen Bereich eingesetzt werden.

##### **4.2.2.1.3 Einbezogene Getränkesegmente**

Maßgeblich für die Abgrenzung der relevanten Getränkearten ist die Definition von Getränken nach dem Verpackungsgesetz (VerpackG).

Dazu wird im § 3 Abs. 2 der Begriff der Getränkeverpackung definiert:

„(...) Getränkeverpackungen sind geschlossene oder überwiegend geschlossene Verkaufsverpackungen für flüssige Lebensmittel (...), die zum Verzehr als Getränk bestimmt sind.“<sup>18</sup>

Gemäß der Leistungsbeschreibung werden die folgenden Getränkesegmente untersucht:

---

<sup>18</sup> VerpackG § 3 Abs. 2 (2017)

- ▶ Bier
- ▶ Wässer
  - mit Kohlendioxid
  - ohne Kohlendioxid
- ▶ Erfrischungsgetränke
  - mit Kohlendioxid
  - ohne Kohlendioxid.

Die Unterscheidung nach kohlendioxidhaltigen und nach kohlendioxidfreien Getränken begründet sich durch unterschiedliche Packmittelstrukturen und Verpackungsanforderungen.

#### **Abgrenzung der untersuchten Getränkesegmente**

Die Auswahl der einbezogenen Getränkearten eines Getränkesegmentes orientiert sich an der Systematik der Studie „Bundesweite Erhebung von Daten zum Verbrauch von Getränken in Mehrweggetränkeverpackungen“ (vgl. GVM 2021).

##### **4.2.2.1.3.1 Bier**

Das Getränkesegment Bier beinhaltet neben dem alkoholhaltigen Bier auch alkoholfreies Bier und Biermischgetränke mit und ohne Alkohol. Zu den alkoholfreien Bieren wird auch Malzbier gerechnet.

Sogenannte Fassbrausen sind berücksichtigt, soweit sie auf Basis von alkoholfreiem Bier hergestellt werden. Werden sie dagegen auf Malzbasis, aber ohne Bier hergestellt, sind sie den Brausen und damit den Erfrischungsgetränken zuzurechnen.

##### **4.2.2.1.3.2 Wässer**

Einbezogen sind Mineral-, Quell-, Tafel-, Heil- und aromatisierte Wässer.

Auch hier orientiert sich die Abgrenzung der Getränkearten an der Studie „Bundesweite Erhebung von Daten zum Verbrauch von Getränken in Mehrweggetränkeverpackungen“.

Gesüßte Wässer werden demnach nicht berücksichtigt, sondern werden zu den Erfrischungsgetränken gezählt (vgl. GVM 2021).

##### **4.2.2.1.3.3 Erfrischungsgetränke**

Das Getränkesegment umfasst zunächst alle Getränke, die auch in den Leitsätzen für Erfrischungsgetränke gelistet sind. Nach den Leitsätzen für Erfrischungsgetränken des Deutschen Lebensmittelbuches sind Erfrischungsgetränke alkoholfreie Getränke auf Wasserbasis mit oder ohne Kohlensäure, die geschmacksgebende Zutaten enthalten. Die Leitsätze beziehen sich auf Fruchtsaftgetränke, Furtschorlen, Limonaden und Brausen (vgl. BMEL 2015).

In der vorliegenden Untersuchung werden unter den Erfrischungsgetränken zusätzlich noch Eistee, isotonische Sportgetränke, Energiegetränke sowie Milchersatzgetränke erfasst.

Einbezogen werden Getränke, die in der Darreichung als Erfrischungsgetränke einzustufen sind.

Folgende Getränkearten werden im Getränkesegment Erfrischungsgetränke einbezogen:

- ▶ Limonaden (inkl. koffeinhaltige Getränke)

- ▶ Fruchtsaftgetränke
- ▶ Eistee
- ▶ Isotonische Sportgetränke und Energiegetränke
- ▶ Milchersatzgetränke auf Soja-, Getreide- oder Nussbasis
- ▶ Kaffegetränke

Erfrischungsgetränke, die mit Molkewasser statt Quell-, Trink- oder Mineralwasser hergestellt werden, werden ebenfalls untersucht. Dies betrifft Getränke, die auf Molke extrahiertem Wasser basieren. Die häufigste Anwendung findet sich bei Energiegetränken.

#### 4.2.2.1.3.4 *Nicht berücksichtigte Getränkearten*

Im Rahmen der Studie werden die folgenden alkoholfreien Getränkearten nicht untersucht. Hierzu gehören:

- ▶ Säfte und Nektare
  - Im Rahmen der Untersuchung finden Säfte und Nektare keine Berücksichtigung. In der Fruchtsaft- und Erfrischungsgetränkeverordnung (FrSaftErfrischGetrV) zählen Fruchtsäfte und Fruchtnektare nicht zu dem Getränkesegment der Erfrischungsgetränke. Analog hierzu werden in diesem Auswertungszusammenhang die karbonisierten Nektare nicht bei den Erfrischungsgetränken erfasst.
  - Im Zuge der Erweiterung der Pfandpflicht seit dem 01.01.2022 auf alle Einwegkunststoffgetränkeflaschen und Getränkendosen empfiehlt die GVM, die kohlensäurehaltigen Nektare nicht dem Getränkesegment der Erfrischungsgetränke zuzuordnen.<sup>19</sup> Im Hinblick auf die neue Rechtslage ist es sinnvoll, die Zuordnung der jeweiligen Getränkearten unabhängig von der Pfandpflicht für einzelne Verpackungen vorzunehmen.
  - Frucht-Smoothies werden, soweit sie ausschließlich aus Früchten oder Gemüse hergestellt sind, wie Säfte behandelt und sind daher in die Untersuchung nicht mit einbezogen (vgl. GVM 2021).
- ▶ Milchgetränke mit einem Mindestanteil von 50 % Milch
  - Getränke mit einem Mindestanteil von 50 % Milch oder Milcherzeugnissen sind nicht Untersuchungsgegenstand.
  - Fruchtsafthaltige Getränke mit einem Anteil an Milch oder Milcherzeugnissen (meist Molke) kleiner als 50 % werden weiterhin den Fruchtsaftgetränken und damit den Erfrischungsgetränken zugerechnet.
  - Kaffegetränke, deren Milch- oder Milchproduktanteil unter 50 % liegt, sind ebenfalls den Erfrischungsgetränken zuzurechnen (vgl. GVM 2021).
- ▶ Alkoholfreier Wein
  - Alkoholfreier Wein und alkoholfreier Sekt zählen nicht zum Getränkesegment der Erfrischungsgetränke (vgl. GVM 2021).

---

<sup>19</sup> Ausweitung der Pfandpflicht ab 01.01.2022 – siehe VerpackG § 31. Abs. 7 (2021)

#### 4.2.2.1.4 Parameter zur Beschreibung der Packmittel

##### Verpackungsstufen

Die Begriffssystematik bezüglich den Verpackungsbestandteilen und der Verpackungsstufen orientiert sich weitgehend an den Begriffen, die in bisherigen Ökobilanzen verwendet wurden (vgl. Detzel et al. 2016, S. 195):

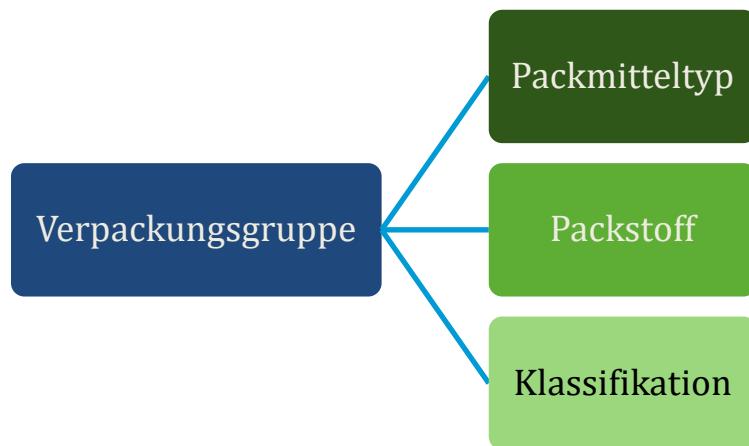
- ▶ „Die Primärverpackung setzt sich aus verschiedenen Verpackungskomponenten (Packmittel und Packhilfsmitteln) zusammen. Sie ist die Verpackung, die im unmittelbaren Kontakt mit dem Füllgut steht.“
- ▶ Das Packmittel, das als Hauptbestandteil der Primärverpackung zur Aufnahme des Packguts bestimmt ist, also z.B. die 0,5 l PET-Einweg-Flasche wird im Folgenden als Hauptpackmittel bezeichnet. Das Hauptpackmittel dient auch zur Bezeichnung des Verpackungssystems.
- ▶ Die Sekundärverpackung ist die zweite Verpackungsstufe und fasst mehrere Primärverpackungen mit Hilfe von Packmitteln und Packhilfsmitteln zusammen (...)
- ▶ Weitere Verpackungsstufen werden als Transportverpackung bezeichnet. Sie umfassen neben den Ladungsträgern (hier in der Regel Paletten) auch weitere Packmittel, die für die Bildung einer Ladeeinheit notwendig sind.“

##### Verpackungsgruppen

Eine Verpackungsgruppe umfasst mehrere Hauptpackmittel mit drei gleichen Merkmalen aber unterschiedlichen Füllgrößen (vgl. folgende Abbildung 41).

**Abbildung 41: Definition Verpackungsgruppe**

---



Quelle: Detzel et al. 2016, Eigene Darstellung (GVM)

##### Klassifizierung der Packmittel

Die Verpackungskategorie Packmittel wird aus der Kombination eines Packstoffs und eines Packmitteltyps gebildet, wie z.B. Weißblech-Getränkendose, PET-Flasche, Getränkekarton, Papierbanderole, Wellpappentray, Holzpalette etc.

Durch den zusätzlichen Parameter Klassifikation können Packmittel differenziert betrachtet werden.

Die Klassifikation liefert Informationen, die durch den Packmitteltyp nicht ausreichend beschrieben werden. Typische Ausprägungen hierfür können sein:

- ▶ Normpackmittel (z. B. MW-Glas-Poolflasche)
- ▶ Individualpackmittel (z. B. MW-Glas-Individualflasche)

Diese Einordnung ist bei der Bestimmung von Packmittelparametern wie dem Materialgewicht sehr wertvoll. Ein weiterer Aspekt der Klassifikation ist die Zuordnung der Hauptpackmittel nach logistischen Varianten (vgl. Detzel et al. 2016):

- ▶ Geschlossenes Mehrweg-Poolsystem
- ▶ Offenes Mehrweg-Poolsystem
- ▶ Mehrweg-Individualsystem
- ▶ Einweg mit Mehrwegkästen
- ▶ Einweg ohne Mehrwegkästen

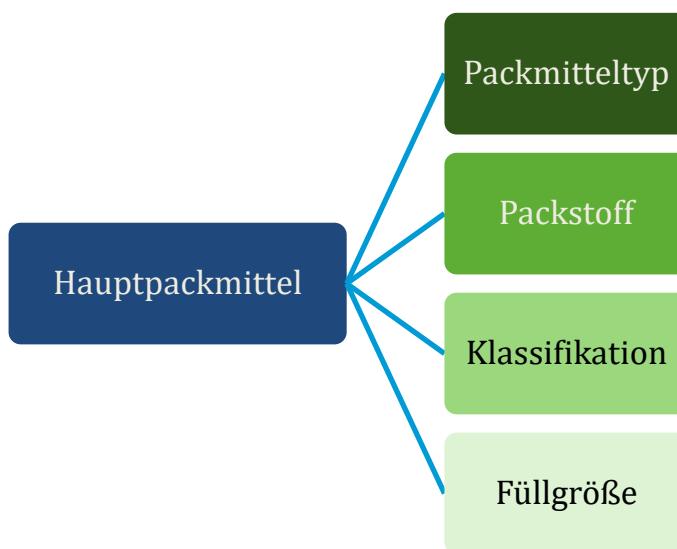
Die Klassifikation differenziert sowohl Mehrwegsysteme als auch Einwegsysteme im Hinblick auf die Distribution des Hauptpackmittels.

### Verpackungsgruppen

Werden Verpackungsgruppen nach dem Parameter Füllgröße weiter differenziert, so können relevante Verpackungssysteme identifiziert werden. Ein Verpackungssystem wird als Hauptpackmittel mit vier gleichen Merkmalen bezeichnetnet (vgl. folgende Abbildung).

**Abbildung 42: Definition Verpackungssystem**

---



Quelle: Detzel et al. 2016, Eigene Darstellung (GVM)

#### 4.2.2.2 Methode der Auswahl der Verpackungssysteme

Die Auswahl der zu untersuchenden Verpackungssysteme orientiert sich an der Methodik der Studie „Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen“ (vgl. Detzel et al. 2016).

Die Auswahl der zu untersuchenden Verpackungssysteme basiert auf einer Marktanalyse zum Getränkeverbrauch. Die Marktanalyse dient als Ausgangssituation für die zu erarbeitenden Optimierungsszenarien.

Das zentrale Kriterium zur Einbeziehung von Getränkeverpackungen ist die Marktbedeutung in Bezug auf die Verbrauchsmengen eines Verpackungssystems. Die Mindestanforderungen schreiben u.a. Folgendes vor:

- ▶ Die Bezugsgröße der Marktmenge ist der Getränkeverbrauch.
- ▶ Mit der Auswahl sind mindestens 80 % des Getränkeverbrauchs des ausgewählten Getränksegmentes zu erfassen.
- ▶ Alle Getränkeverpackungsgruppen mit einem Anteil von mehr als 5 % sind zu berücksichtigen.
- ▶ Für jede Getränkeverpackungsgruppe ist die marktbedeutendste Füllgröße zu untersuchen.
- ▶ Zusätzlich sind diejenigen Füllgrößen einzubeziehen, die mehr als 25 % des Füllgutverbrauchs der Verpackungsgruppe oder mehr als 5 % des Füllgutverbrauchs des Getränksegmentes aufweisen.

### **Mindestanforderungen**

Im Rahmen des Vorhabens ist es nach Vorgabe der Leistungsbeschreibung nicht notwendig, ausschließlich nach den Kriterien der Mindestanforderungen an die Auswahl der zu untersuchenden Verpackungen heranzugehen. Nichtsdestotrotz sind die Mindestanforderungen zentral zur Auswahl der Verpackungen.

#### **4.2.2.3 Auswahl relevanter Verpackungsgruppen**

Auf Grundlage der Daten aus der GVM-Getränkemarktforschung werden für alle Getränkesegmente die Verpackungsgruppen anhand der in den Mindestanforderungen für Getränkeökobilanzen definierten Schwellen identifiziert.

Die Verbrauchsmengen beziehen sich auf vorläufige Marktdaten für das Bezugsjahr 2020.

Die Übersicht zeigt 20 Verpackungsgruppen, die jeweils mehr als 5 % des Füllgutverbrauchs eines Getränksegmentes aufweisen. Mit dieser Auswahl sind über 80 % des Getränkeverbrauchs der ausgewählten Getränksegmente erfasst.

Von den 20 ausgewählten Verpackungsgruppen werden jeweils 10 Gruppen der Kategorie Mehrweg und 10 Gruppen der Kategorie Einweg zugeordnet.

Bei den stillen Wässern werden die Mehrweg-Glasflaschen nicht weiter in Pool- und Individualflaschen differenziert, da Mehrweg-Glasflaschen in diesem Getränksegment nur zusammengefasst über den Schwellenwert von 5 % kommen (siehe unten stehende Abbildung).

**Abbildung 43: Auswahl von 20 Verpackungsgruppen mit mehr als 5 % des Füllgutverbrauchs eines Getränksegmentes – Ergebnisse Bezugsjahr 2020**

Verpackungsgruppen				Getränkesegmente				
System	Packmittel	Packstoff	Kategorie	Bier	Wässer		Erfrischungsgetränke	
					mit CO2	ohne CO2	mit CO2	ohne CO2
Mehrweggebinde (MW)	Glasflaschen	Glas	MW-Glas-Pool	x	x			
			MW-Glas-Individual	x	x		x	
			MW-Glas gruppiert			x		
	Kunststoffflaschen	Kunststoff	MW-Kunststoff-Pool		x	x		
			MW-Kunststoff-Individual		x		x	
	Fässer	alle Packstoffe	keine Differenzierung					
	Getränkekarton							x
	mit Aluminium							
	Getränkekarton ohne Aluminium							
Einweggebinde (EW)	Beutel	Kunststoff						
	Glasflasche	Glas						
	EW-Flasche mit							
	Kunststoffflaschen	Kunststoff	Mehrwegkasten		x	x		
			EW-Flasche mit EW-Sekundärpackmittel	x	x	x	x	x
	Getränkedosen (EW) bis 3 l	Aluminium		x			x	
		Weißblech						
	Becher	Kunststoff						
	Großflaschen/	keine						
EW > 3l bis 10l	Kanister	Differenzierung						
	Bag-in-Box	keine						
	Großdosen 3l bis 10l	Differenzierung						
Marktabdeckung der ausgewählten Verpackungsgruppen					98%	99%	97%	90%
								85%

x > 5 % Füllgutverbrauch eines Getränkesegments (Auswahl gemäß Mindestanforderung für die Erstellung von Ökobilanzen im Getränkebereich)

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

#### 4.2.2.4 Auswahl relevanter Verpackungssegmente

Unter Berücksichtigung der definierten Schwellenwerte nach der Methodik für die Erstellung von Ökobilanzen im Getränkebereich sind zunächst 33 Verpackungssysteme ausgewählt worden.

Für jede Getränkeverpackungsgruppe wird die marktbedeutendste Füllgröße untersucht. Zusätzlich sind diejenigen Füllgrößen einbezogen, die mehr als 25 % des Füllgutverbrauchs der Verpackungsgruppe oder mehr als 5 % des Füllgutverbrauchs des Getränkesegments aufweisen.

**Abbildung 44: Auswahl von 33 Verpackungssystemen – Ergebnisse Bezugsjahr 2020**

		Einweg		Mehrweg					
		0,5 l PET EW ohne Kasten	0,5 l Alu Dose	0,5 l Glas MW Pool	0,5 l Glas MW Ind.	0,33 l Glas MW Pool	0,33 l Glas MW Ind.		
<b>karbonisierte Wässer (5 Systeme)</b>									
		Einweg				Mehrweg			
<b>stillle Wässer (5 Systeme)</b>									
		Einweg		Mehrweg					
<b>karbonisierte Erfrischungsgetränke (5 Systeme)</b>									
		Einweg				Mehrweg			
<b>stillle Erfrischungsgetränke (5 Systeme)</b>									
		Einweg		Mehrweg					
1,0 l GKV	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW ohne Kasten	0,75 l PET EW ohne Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten					

Quelle: Eigene Darstellung (GVM) (Auswahl gemäß Mindestanforderung für die Erstellung von Ökobilanzen im Getränkebereich)

Von den insgesamt 33 ausgewählten Verpackungssystemen sind 14 Mehrwegsysteme und 19 Einwegsysteme.

Bei den stillen Wässern werden die 0,75 l Mehrweg-Glasflaschen nicht weiter in Pool- und Individualflaschen differenziert, da nur die Summe aller Füllgrößen der Mehrweg-Glasflaschen über den Schwellenwert eines Anteils von 5 % kommen. Da jedoch innerhalb dieser Verpackungsgruppe die 0,75 l-Mehrweg-Glasflasche die marktbedeutendste Füllgröße mit einem Anteil von über 25 % ist, wird dieses Verpackungssystem untersucht (siehe obenstehende Abbildung).

**Abbildung 45: Auswahl von 33 Verpackungssystemen unter Berücksichtigung der Füllgrößen, die unter dem 5 % Schwellenwert liegen – Ergebnisse Bezugsjahr 2020**

	Einweg			Mehrweg					
	0,5 l PET EW ohne Kasten	0,5 l Alu Dose	0,5 l Glas MW Pool	0,5 l Glas MW Ind.	0,33 l Glas MW Pool	0,33 l Glas MW Ind.			
<b>karbonisierte Wässer (Σ 8 Systeme)</b>									
	Einweg				Mehrweg				
	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW mit Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET MW Pool	1,0 l PET MW Ind.	0,75 l Glas MW Pool	0,75 l Glas MW Ind.		
<b>stille Wässer (Σ 6 Systeme)</b>									
	Einweg				Mehrweg				
	1,5 l PET EW mit Kasten	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW mit Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET MW Pool	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.			
<b>karbonisierte Erfrischungsgetränke (Σ 9 Systeme)</b>									
	Einweg				Mehrweg				
	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,25 l PET EW ohne Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	0,33 l Alu Dose	0,25 l Alu Dose	1,0 l PET MW Ind.	0,5 l Glas MW Ind.		
<b>stille Erfrischungsgetränke (Σ 5 Systeme)</b>									
	Einweg				Mehrweg				
	1,0 l GKV	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW ohne Kasten	0,75 l PET EW ohne Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten				

Legende: farbig markierte Füllgrößen - Systeme mit weniger als 5 % Anteil des Füllvolumens eines Getränkesegments

Quelle: Eigene Darstellung (GVM) (Auswahl gemäß Mindestanforderung für die Erstellung von Ökobilanzen im Getränkebereich)

Von den 33 ausgewählten Verpackungssystemen haben 8 Verpackungssysteme einen Anteil von weniger als 5 % des Füllvolumens innerhalb des jeweiligen Getränkesegments. Diese Verpackungssysteme finden dennoch Berücksichtigung, da die jeweiligen Füllgrößen einen Anteil von über 25 % an der zugehörigen Verpackungsgruppe aufweisen (vgl. obenstehende Abbildung).

#### 4.2.2.5 Ergebnis Verpackungsauswahl

Ziel des Forschungsvorhabens war es, möglichst allgemeingültige Aussagen über die ökobilanzielle Entwicklung von Getränkeverpackungen zu treffen. Dafür sollte an geeigneten Stellen verdichtetet werden, um die Anzahl der zu untersuchenden Varianten zu reduzieren.

Die Ergebnisse zu den Verpackungssystemen wurden dahingehend geprüft, ob Verdichtungen verschiedener Verpackungssysteme möglich sind. Für eine Verdichtung ist es notwendig, dass vergleichbare Anforderungen an die Verpackungen gestellt werden.

Die Auftragnehmer schlugen eine Aggregation der 33 Verpackungssysteme auf 24 Verpackungssysteme vor:

- ▶ Aggregation der Mehrwegflaschen nach Pool und Individualflaschen
- ▶ Aggregation der vier alkoholfreien Getränkesegmenten zu zwei sortenübergreifenden Getränkesegmenten.

#### Differenzierung nach Pool- und Individualflaschen

Im Entscheidungsvorschlag der Auftragnehmer werden die Mehrweg-Pool- und Mehrweg-Individualflaschen als ein Verpackungssystem bewertet.

Obwohl die Systeme aggregiert betrachtet werden, bewerten die Auftragnehmer alle Parameter, in denen sich die Individual- und die Poolflaschen in substantiellen Umfang unterscheiden,

differenziert für die unterschiedlichen Klassifikationen. Die relevanten Parameter sind insbesondere:

- ▶ Materialeinsatz
- ▶ Umlaufzahlen
- ▶ Transportentfernungen

#### **Aggregation der alkoholfreien Getränkesegmente zu übergreifenden Getränkekategorien**

Die alkoholfreien Getränkesegmente werden in zwei Getränkekategorien zusammengefasst:

- ▶ karbonisierte Getränke
- ▶ stille Getränke

In die Auswahl der zusammengefassten alkoholfreien Getränkekategorien fließen die Detailergebnisse der einzelnen alkoholfreien Getränkekategorien (Wässer mit und ohne Kohlensäure, Erfrischungsgetränke mit und ohne Kohlensäure) ein.

Die Aggregation nach dem Kohlensäuregehalt des Getränkesegments ist eine sinnvolle Gruppierung, da die Verpackungssysteme innerhalb dieser Gruppe recht homogen sind.

#### **Ergebnis der Verpackungsauswahl**

Die folgende Abbildung zeigt das Ergebnis der Verpackungsauswahl, das die Auftragnehmer dem Begleitkreis und dem Auftraggeber zur Abstimmung vorgelegt haben .

**Abbildung 46: Auswahl von 24 Verpackungssystemen bei einer Verdichtung von MW-Pool und MW-Individualflaschen und Zusammenfassung sortenübergreifend eingesetzter Verpackungen – Ergebnisse Bezugsjahr 2020**

karbonisierte Getränke (11 Systeme)											
Einweg						Mehrweg					
0,5 l PET EW ohne Kasten	0,5 l Alu Dose	0,5 l Glas MW Pool u. Ind.	0,33 l Glas MW Pool u. Ind.								
stille Getränke (9 Systeme)											
Einweg						Mehrweg					
1,5 l PET EW ohne Kasten	1,25 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW mit Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	0,33 l Alu Dose	0,25 l Alu Dose	1,0 l PET MW Pool u. Ind.	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.	0,7 l Glas MW Pool	0,5 l Glas MW Ind.	0,33 l Glas MW Ind.	
Einweg						Mehrweg					
1,0 l GKV	1,5 l PET EW mit Kasten	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW mit Kasten	1,0 l PET EW ohne Kasten	0,75 l PET EW ohne Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET MW Pool	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.			

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Die Auswahl erfolgt gemäß Mindestanforderung für die Erstellung von Ökobilanzen im Getränkebereich (Detzel et al. 2016). Anschließend sind MW-Poolflaschen und MW-Individualflaschen bei einzelnen Füllgrößen zusammengefasst worden.

Zusätzlich sind die Getränkesegmente Wässer mit und ohne Kohlensäure und die Getränkesegmente Erfrischungsgetränke mit und ohne Kohlensäure in die Kategorien karbonisierte und stille Getränke zusammengefasst worden.

15 Einweg- und 9 Mehrwegsysteme werden ökobilanziell bewertet:

- ▶ Bei Bier werden jeweils 2 Einweg- und 2 Mehrwegsysteme betrachtet.
- ▶ Bei den karbonisierten Getränken (Wässer und Erfrischungsgetränke) werden 6 Einweg- und 5 Mehrwegsysteme untersucht.
- ▶ Bei den stillen Getränken (Wässer und Erfrischungsgetränke) werden 7 Einweg- und 2 Mehrwegsysteme ausgewählt.

#### Rückmeldungen aus dem Begleitkreis

Im Rahmen der 1. Begleitkreissitzung am 18.10.2021 hatten die Begleitkreismitglieder die Möglichkeit, zur Auswahl der Verpackungssysteme Stellung zu nehmen. Die Rückmeldungen bezogen sich insbesondere auf die folgenden Aspekte:

- ▶ Ausweitung des Untersuchungsgegenstandes auf das Getränkesegment Fruchtsaft
- ▶ Die Aggregation von Mehrweg-Pool- und Mehrweg-Individualflaschen wurde kritisch hinterfragt.
- ▶ Die sortenübergreifende Aggregation von stillen und karbonisierten alkoholfreien Getränken wurde kritisch angemerkt.
- ▶ Bei einzelnen Verpackungssystemen wurde angemerkt zu prüfen, ob diese auch tatsächlich marktrelevant sind:
  - Bier: 0,5 l PET EW ohne Kasten
  - karbonisierte Erfrischungsgetränke: 0,25 l Aluminiumdose

#### Abschließende Bewertung der Verpackungsauswahl

Die Verpackungsauswahl erfolgte gemäß den Vorgaben in der Leistungsbeschreibung. Darüber hinaus befürworten die Auftragnehmer die Verpackungsauswahl aus den folgenden Gründen:

- ▶ Die wichtigsten Segmente und Packmittel des deutschen Markts für Getränke werden abgebildet.
- ▶ Trotz Aggregation werden unterschiedliche Ausprägungen der Verpackungssysteme analysiert und fließen in die ökobilanzielle Bewertung ein. Andere Parameter sind ohnehin gleich (z.B. Rezyklateinsatz, Entsorgung).
- ▶ In den Optimierungsszenarien werden sich die bisher unterschiedlichen Parameter annähern (z.B. Umlaufzahlen, Materialeinsatz).

#### 4.2.3 Beschreibung und Spezifikation der Verpackungssysteme

Im Rahmen der ökobilanziellen Analyse ist eine umfassende Beschreibung der ausgewählten Verpackungssysteme erforderlich. Ziel hierbei ist, die unterschiedlichen technischen und logistischen Anforderungen an Getränkeverpackungssysteme aufzuzeigen.

Hierfür werden die ausgewählten Verpackungssegmente funktionell beschrieben und hinsichtlich aller für die Berechnung notwendigen Aspekte spezifiziert. Die Methodik zur Beschreibung der Getränkeverpackungssegmente orientiert sich an der Vorgehensweise, die bei Detzel et al. (2016) beschrieben ist.

Die Verpackungssysteme werden anhand der folgenden Kategorien beschrieben (siehe folgende Tabelle):

**Tabelle 25: Parameter für die Beschreibung der Verpackungssysteme**

Kategorie	Mögliche Ausprägung
<b>Getränksegmente (auch potentielle Einsatzbereiche)</b>	Bier, Wässer, Erfrischungsgetränke
<b>System</b>	Einweg, Mehrweg
<b>Klassifikation</b>	Geschlossener MW-Pool, Offener MW-Pool, MW Individual, EW mit MW-Kasten, EW ohne MW-Kasten
<b>Packstoff</b>	Glas, Kunststoff, Aluminium, Verbundmaterial ...
<b>Packmitteltyp</b>	Flasche, Dose, Folie, Getränkekarton...
<b>Füllgrößen</b>	1.500 ml, 1.250 ml, 1.000 ml, 750 ml, 700 ml, 500 ml, 330 ml, 250 ml...
<b>Kohlensäuregehalt des abgefüllten Getränks</b>	mit Kohlensäure, ohne Kohlensäure
<b>Lichtempfindlichkeit des abgefüllten Getränks</b>	lichtempfindlich, nicht lichtempfindlich
<b>Sauerstoffempfindlichkeit des abgefüllten Getränks</b>	sauerstoffempfindlich, nicht sauerstoffempfindlich

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

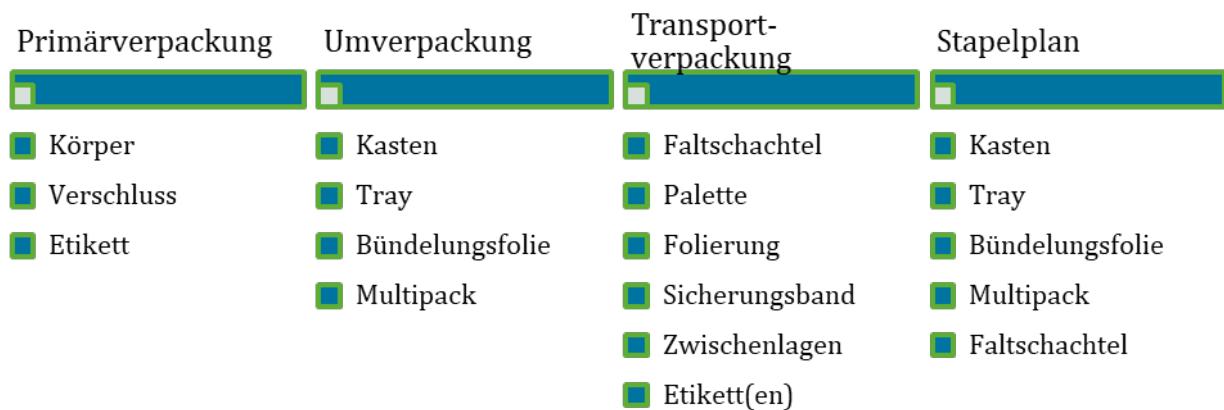
Neben der Beschreibung der Primärverpackungen sind zur Identifikation weitere Packmittelkomponenten notwendig. So müssen die technischen Spezifikationen der Verpackungssysteme eindeutig für alle Verpackungsstufen erfolgen (vgl. Detzel et al. 2016).

Die folgenden Verpackungsspezifikationen werden für Primär-, Sekundär- und Transportverpackungen zusammengetragen:

- ▶ Einsatz von Verschlüssen und Etiketten
- ▶ Anzahl Hauptpackmittel pro Sekundärpackmittel
- ▶ Anzahl Sekundär- und Tertiärpackmittel (pro Lage einer Palette)
- ▶ Anzahl Lagen pro Palette

Im Ergebnis stehen differenzierte Daten der Verpackungssysteme untergliedert nach verschiedenen Verpackungsstufen je Getränksegment zur Verfügung.

Vier Ebenen werden hierbei untersucht (siehe folgende Abbildung).

**Abbildung 47: Verpackungsspezifikationen nach Verpackungsstufen**

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Aus der Vielzahl von Verpackungsvarianten werden im Ergebnis die wichtigsten Verpackungskomponenten ausgewählt, die die deutschen Verhältnisse in den Basisdaten repräsentieren.

### Vertikale Vielfalt

Als vertikale Vielfalt werden mögliche Verpackungskomponenten eines Hauptpackmittels bezeichnet (vgl. Detzel et al. 2016). Hierbei können unterschiedliche Ausgestaltungen von Getränkeverpackungen relevant sein:

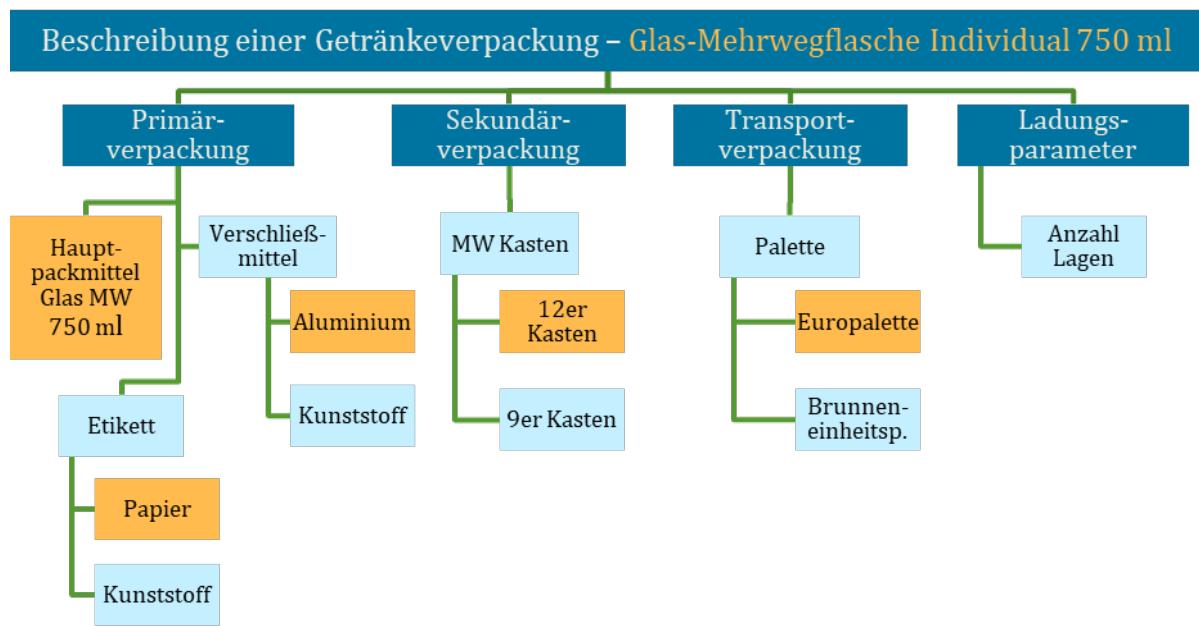
- ▶ „Unterschiedliche Masse der einzelnen Packmittelkomponenten“
- ▶ Unterschiedliche Packstoffe bei einzelnen Nebenkomponenten des Hauptpackmittels (...)
- ▶ Unterschiedliche Verpackungen bei den anderen Verpackungsebenen (...)
- ▶ Unterschiedliche Ausstattungstiefe des Verpackungssystems (...)
- ▶ Unterschiedliche Mengenzusammensetzung des Verpackungssystems (...)“ (Detzel et al. 2016, S. 203)

Das untenstehende Beispiel zeigt relevante Verpackungsbestandteile einer Glas-Mehrweg-Individualflasche mit jeweils zwei Varianten bei Etiketten, Verschließmitteln, MW-Kästen und Paletten. Farblich gekennzeichnet sind die Verpackungsvarianten, die typisch für die 750 ml-Individualflasche sind (siehe untenstehende Abbildung):

- ▶ Papieretiketten
- ▶ Aluminium-Anrollverschlüsse
- ▶ 12er Kasten auf der Europalette

Im Markt können die Verpackungsvarianten jedoch noch vielfältiger sein.

**Abbildung 48: Beispiel zur Beschreibung eines Verpackungssystems unter Berücksichtigung der vertikalen Vielfalt**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM) auf Grundlage von Detzel et al. (2016)

Ziel der Beschreibung ist es, die Verpackungskomponente auszuwählen, die für das Hauptpackmittel die höchste Marktrelevanz hat. Diese Verpackungskomponente wird als Hauptvariante bezeichnet (vgl. Detzel et al. 2016).

Wenn weitere Varianten der einzelnen Verpackungskomponenten am Markt vorkommen, sollen diese Varianten dokumentiert werden, aber nur dann in die Analyse berücksichtigt werden, wenn sie einen Marktanteil von > 20 % aufweisen.

„(...) Die Leitfrage ist, ob durch die Berücksichtigung einer weiteren Variante eine relevante Änderung in den Ökobilanzergebnissen zu erwarten ist.“ (Detzel et al. 2016, S. 205)

#### Auswahl der relevanten Verpackungskomponenten eines Hauptpackmittels

Die Hauptvariante einer Verpackungskomponente ist entscheidend.

Wenn die Hauptvariante einen Marktanteil von mehr als 80 % bezogen auf das Hauptpackmittel aufweist, wird die Nebenvariante einer Verpackungskomponente nicht berücksichtigt.

#### Vorgehen Spezifikation der Verpackungssysteme

Für die Verpackungsspezifikation wurden im Wesentlichen die folgenden Datenquellen verwendet:

- ▶ Auswertung der GVM-Datenbank „Marktmenge Verpackungen“
- ▶ Desk Research und Nachbearbeitung der Daten (insbesondere im Hinblick auf Sekundär- und Tertiärverpackungen)
- ▶ Datenabfrage im Begleitkreis
- ▶ Auswertung vorliegender Daten von Abfüllern

► Auswertung von Probekäufen und Verwiegungen

Im Ergebnis stehen die differenzierten Daten der ausgewählten Verpackungssysteme untergliedert nach den verschiedenen Verpackungsstufen.

#### **4.2.4 Basisdaten und Optimierungsszenarien: Übersicht und Datenabfrage im Begleitkreis**

Die Basisdaten wurden zunächst überwiegend aus der Literatur abgeleitet. Die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl der verfügbaren Fachliteratur, die zu den unterschiedlichen ökobilanziellen Themenschwerpunkten vorhanden ist.

**Tabelle 26: Auswahl relevanter Fachliteratur zur Bearbeitung der Basisdaten**

Kategorie	Quelle	Bezugsjahr
<b>Rezyklateinsatz</b>	GVM (2020): Aufkommen und Verwertung von PET-Getränkeflaschen in Deutschland 2019	2019
<b>Rücklaufquoten Einweggetränkeverpackungen</b>	GVM (2020): Aufkommen und Verwertung von PET-Getränkeflaschen in Deutschland 2019	2019
<b>Rücklaufquoten Mehrweg-PET-Flaschen</b>	GVM (2020): Aufkommen und Verwertung von PET-Getränkeflaschen in Deutschland 2019	2019
<b>Verwertungswege</b>	GVM (2020): Aufkommen und Verwertung von PET-Getränkeflaschen in Deutschland 2019  GVM: Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland für verschiedene Bezugsjahre	2019  Seit 1997, Bezugsjahr 2020 wird aktuell von GVM bearbeitet
<b>Verwertungsquoten / Recyclingquoten</b>	GVM (2020): Aufkommen und Verwertung von PET-Getränkeflaschen in Deutschland 2019  GVM: Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland für verschiedene Bezugsjahre	2019  Seit 1997, Bezugsjahr 2020 wird aktuell von GVM bearbeitet
<b>Transportentfernungen</b>	Deloitte (2013): Umlaufzahlen und Transportentfernungen in der Getränkeindustrie, Dezember 2013  Marktsensor (2016): Distributionsentfernungen von Getränkeverpackungen 2015/2016, November 2016	2012/2013  2015/2016

Kategorie	Quelle	Bezugsjahr
<b>Umlaufzahlen</b>	Deloitte (2013): Umlaufzahlen und Transportentfernungen in der Getränkeindustrie, Dezember 2013	2012/2013
<b>Abfüllmengen, Entwicklung der Abfüllmengen</b>	GVM: Bundesweite Erhebung von Daten zum Verbrauch von Getränken in Mehrweggetränkeverpackungen	2020, Veröffentlichung vsl. in der 2. Jahreshälfte 2022
	GVM: Bundesweite Erhebung von Daten zum Verbrauch von Getränken in Mehrweg- und ökologisch vorteilhaften Einwegverpackungen in Deutschland	Bis 2018

#### 4.2.4.1 Optimierungspotentiale

Die Optimierungen beziehen sich auf verschiedene ökobilanzielle Parameter der Verpackungssysteme.

Bis 2030 ist mit Veränderungen zu rechnen, die aktuell oder in den kommenden Jahren umgesetzt werden.

- ▶ Die Optimierungen sind teilweise durch gesetzliche Vorgaben festgelegt, bspw. den Rezyklateinsatz in Einweg-Kunststoffflaschen.
- ▶ Einige Unternehmen haben eigene Ziele ausgegeben, die in den nächsten Jahren erreicht werden sollen. Die Vorbereitungen oder Umsetzungen der Optimierungen haben bereits begonnen.

Für die Optimierungspotentiale 2045 stehen die technisch möglichen Optimierungen im Vordergrund.

#### Herangehensweise Optimierungspotentiale

Laut Leistungsbeschreibung soll „der Fokus auf sicher absehbare Entwicklungen gelegt werden“ (UBA 2021, S.5).

Die Auftragnehmenden wählten von daher eine eher konservative Herangehensweise an die Optimierungspotentiale. Best-Practice-Beispiele, die von Marktakteuren oder im Begleitkreis hervorgebracht wurden, mussten etwa immer auf die Möglichkeit hin geprüft werden, ob diese sich erfolgreich am Markt etablieren können und sie einen tragfähigen Ansatz für alle Akteure darstellen.

#### 4.2.4.2 Datenabfrage im Begleitkreis

Gemäß der Leistungsbeschreibung sollte der Begleitkreis die Daten für die Optimierungspotentiale und Basisdaten zur Verfügung stellen. Vor diesem Hintergrund wurden für die unterschiedlichen Themenkomplexe standardisierte Fragebögen mit offenen und geschlossenen Fragen entwickelt, die an die unterschiedlichen Marktakteure versendet wurden. Die einzelnen Akteursgruppen wurden zu folgenden Themen befragt:

- ▶ Abfüller - Mehrweg

- Spezifikation der Verpackungssysteme
  - Rezyklateinsatz
  - Umlaufzahlen
  - Distribution
- Abfüller – Einweg
- Spezifikation der Verpackungssysteme
  - Rezyklateinsatz
  - Distribution
- Handel
- Konsumverhalten
  - Spezifikation der Verpackungssysteme
  - Umlaufzahlen
  - Distribution
  - Entsorgungswege
- Recyclingunternehmen / Entsorgungswirtschaft
- Rezyklateinsatz
  - Entsorgungswege

## 4.2.5 Materialeinsatz

### 4.2.5.1 Vorgehensweise

#### Vorgehen zur Bestimmung der durchschnittlichen Packmittelgewichte

Für die Bestimmung des Einzelgewichtes stehen die folgenden Datenquellen zur Verfügung:

1. Datenabfrage im Begleitkreis
2. Eigene empirische Erhebungen im Rahmen des GVM-Getränkepanels
3. Eigene Messungen bzw. Wiegungen
4. Literaturdaten und andere Quellen

Im Ergebnis werden die Durchschnittsgewichte der ausgewählten Verpackungssysteme untergliedert nach den verschiedenen Verpackungsstufen zusammengetragen. Die Marktebene ist hierbei der Verpackungsverbrauch.

#### Materialeinsatz bei Mehrwegverpackungen

Der Materialeinsatz beschreibt das Gewicht der Verpackungsbestandteile. Das abfallrelevante Verpackungsgewicht ist bei Mehrwegverpackungen immer in Verbindung mit der Umlaufzahl zu sehen. Das abfallrelevante Verpackungsgewicht bei den Mehrwegkomponenten der Verpackungen errechnet sich aus der folgenden Formel:

$$\text{Verpackungsgewicht}_{\text{abfallrelevant}} = \text{Materialeinsatz} \div \text{Umlaufzahl}$$

Die Umlaufzahlen der Mehrwegverpackungen bzw. Mehrwegkomponenten der Verpackungssysteme stehen im Fokus des folgenden Kapitels.

### GVM-Datenbankauswertung

Zur Ermittlung des Materialeinsatzes wurde die GVM-Datenbank „Verpackungsmuster“ ausgewertet. Sie enthält Verpackungsdaten für über 35.000 Packmittel getrennt nach einzelnen Bestandteilen.

Der Materialeinsatz wurde für die folgenden Verpackungsstufen ausgewertet und aufbereitet:

- ▶ Primärverpackungen
- ▶ Nebenbestandteile Primärverpackungen
- ▶ Sekundärverpackungen inkl. Nebenbestandteile
- ▶ Tertiärverpackungen inkl. Nebenbestandteile

Die Durchschnittsgewichte können nicht anhand einer repräsentativen Stichprobe ermittelt werden, da eine Zufallsauswahl aus der Grundgesamtheit nicht gewährleistet werden kann.

### Gewichtete Materialeinsätze nach Vorgabe der Mindestanforderungen an Ökobilanzen

Die Packmittelgewichte wurden als gewichteter Durchschnitt berechnet. Gewichtet wurde dabei mit dem Marktanteil der jeweiligen Inverkehrbringer.

Bezugsgröße hierfür sind die Marktdaten 2020 aus der Studie „Bundesweite Erhebung von Daten zum Verbrauch von Getränken in Mehrweggetränkeverpackungen“ im Auftrag des UBA.

### Optimierungspotentiale Materialeinsatz

Ziel ist es, realistische Materialreduktionen der ausgewählten Verpackungssysteme bis 2030 bzw. bis 2045 aufzuzeigen.

Im Ergebnis ist der jeweils marktbedeutende Stapelplan für die Berechnung der Optimierungsszenarien ausgewiesen.

### Auswertung und Plausibilitätsprüfung der Daten des Begleitkreises

Im Rahmen der Datenabfrage hat ein Teil des Begleitkreises Daten zu den optimierten Einsatzgewichten der Getränkeverpackungen bereitgestellt. Die Datenabfrage fokussierte sich u.a. auf die folgenden Fragestellungen:

- ▶ Wie wirkt sich § 6, Abs. 1 der Einwegkunststoffrichtlinie auf das Einsatzgewicht der Verpackungsbestandteile aus?
- ▶ Welcher Materialeinsatz ist technisch notwendig, um alle relevanten Verpackungsanforderungen zu erfüllen?
- ▶ Haben geringere Einsatzgewichte Einfluss auf andere Parameter, bspw. den Rezyklatanteil oder die Umlaufzahl von Verpackungen?

Die Plausibilitätsprüfung der Daten umfasste insbesondere:

- ▶ Vergleich mit dem technisch notwendigen Verpackungseinsatz
- ▶ Konsistenz der verschiedenen Datensätze der Akteure im Begleitkreis

- ▶ Vergleich mit den Basisdaten
- ▶ Konsistenz mit den Einschätzungen und Angaben anderer Marktakteure

### **Interviews**

Über den Begleitkreis hinaus wurden weitere Interviews mit Marktakteuren geführt. Als relevante Marktakteure sind in diesem Zusammenhang insbesondere die folgenden zu nennen:

- ▶ Packmittelhersteller
- ▶ Hersteller von Verpackungsmaschinen
- ▶ Abfüller
- ▶ Branchenexperten/Branchenexpertinnen

### **Bewertung der Verbesserungen bei der Verpackungsherstellung**

Im Rahmen der Bewertung des Materialeinsatzes wird auch auf Verbesserungen bei der Verpackungsherstellung eingegangen. Neben einem geringeren Einsatzgewicht für Verpackungen können weitere Optimierungen relevant sein, die einen Einfluss auf die ökobilanzielle Bewertung haben. Dazu gehören insbesondere:

- ▶ Weniger Materialverlust bei der Herstellung (z.B. Vermeidung von Fehlchargen)
- ▶ Geringerer Energieverbrauch

### **Erarbeitung und Begründung der Optimierungsszenarien**

Auf Basis der beschriebenen Arbeitsschritte erstellten und begründeten die Auftragnehmenden die Optimierungspotentiale und präsentierten diese dem Begleitkreis.

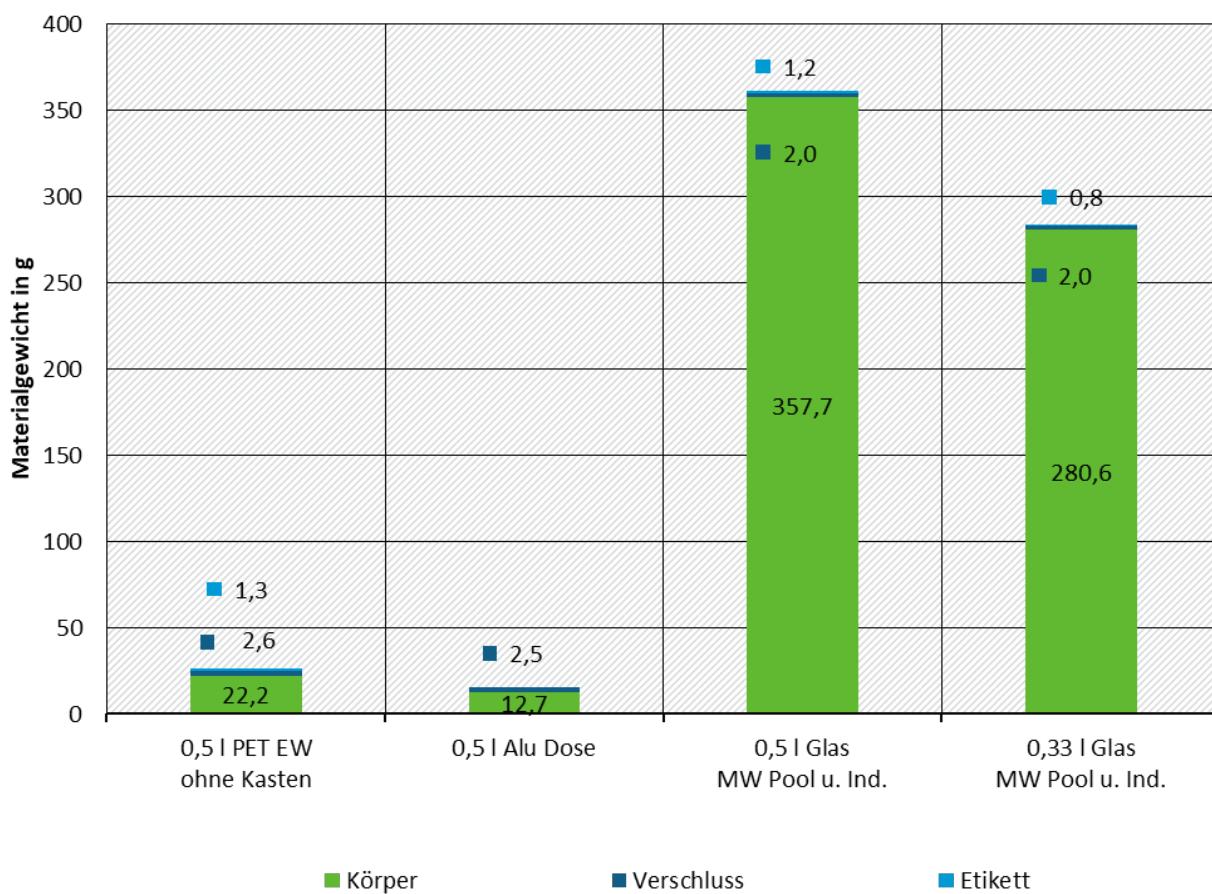
### **Erstellung von Bandbreiten**

Das Einsatzgewicht von vergleichbaren Verpackungen schwankt heute sehr stark. Für die Optimierungspotentiale sind die aktuellen Minimalgewichte der Verpackungen ein erster Ansatzpunkt, in welche Größenordnung sich die Verpackungsgewichte in den kommenden Jahren entwickeln können.

#### **4.2.5.2 Materialeinsatz Basisdaten**

##### **4.2.5.2.1 Bier**

Die im Rahmen der Basisdaten ermittelten Gewichte der Primärverpackungen sind in der nachfolgenden Grafik dargestellt. In der Abbildung sind die Verpackungsgewichte der einzelnen Verpackungskomponenten nach Körper, Verschlüssen und Etiketten für die jeweiligen Verpackungssysteme aufgeführt.

**Abbildung 49: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Bier**

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Die Materialgewichte der Verpackungssysteme variieren in Abhängigkeit von den Packstoffen und von den Füllvolumen zwischen 15,2 g (0,5 l Alu Getränkendose) und 360,9 g (0,5 l Mehrweg-Glas Pool- und Individualflaschen inkl. Verschluss und Etikett).

Bis auf die Aluminiumdose haben alle Hauptpackmittel ein Papieretikett.

Bei den Verschlüssen sind folgende Packmittel relevant:

- ▶ 0,5 l PET EW ohne Kasten: Schraubverschluss aus Kunststoff
- ▶ 0,5 l Aluminiumdose: Aluminiumdeckel
- ▶ 0,5 l und 0,33 l Glas MW: Kronkorken aus Weißblech inkl. Verbundmaterial

Für die Um- und Transportverpackungen wurden die folgenden Hauptvarianten identifiziert:

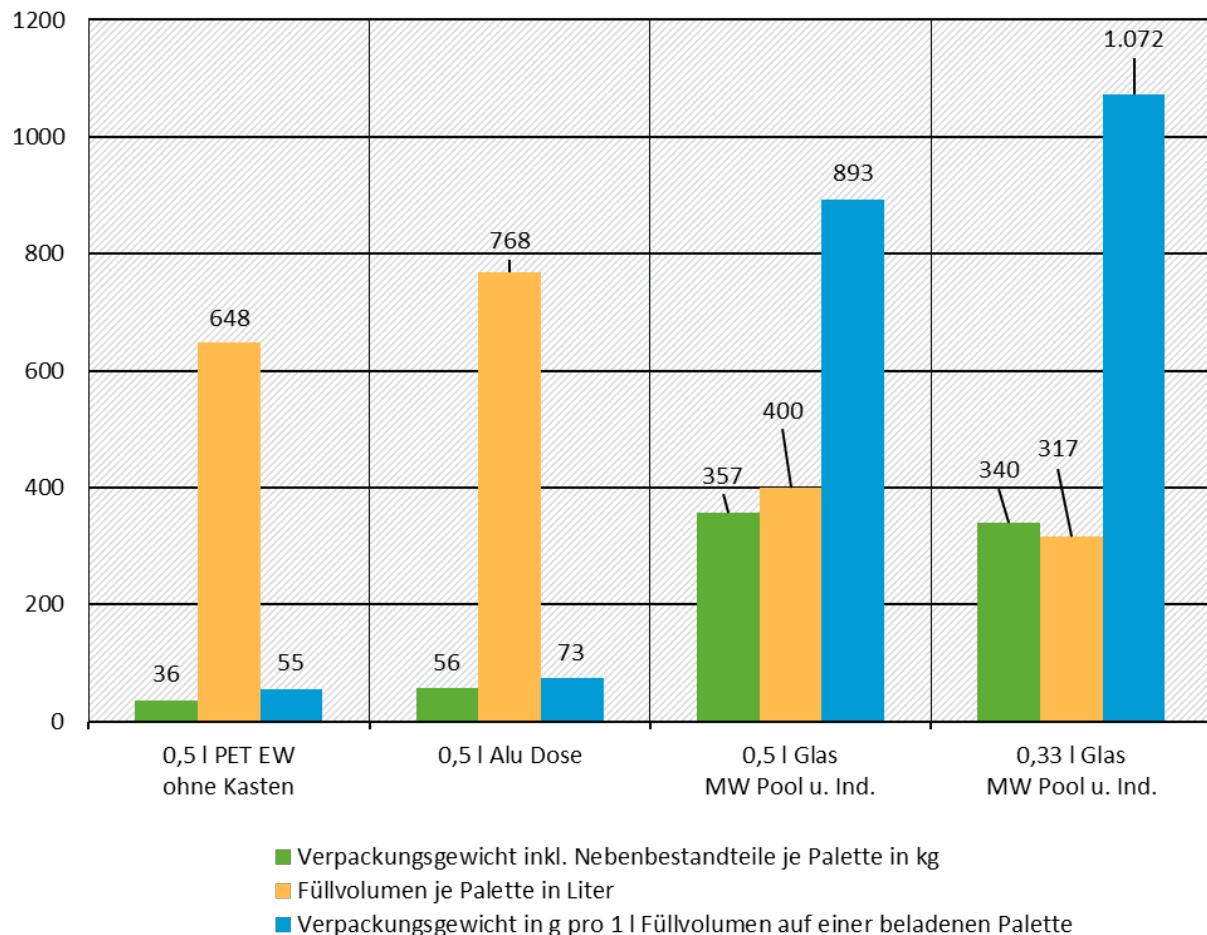
- ▶ 0,5 l PET EW ohne Kasten: 6er Bündelung Schrumpffolie (7,3 g)
- ▶ 0,5 l Aluminium Dose: 24er Tray aus Wellpappe (505 g)
- ▶ 0,5 l Mehrweg-Pool- und Individual-Glasflaschen: 20er MW Kunststoffkasten (1.707 g)
- ▶ 0,33 l Mehrweg-Pool- und Individual-Glasflaschen: 24er MW Kunststoffkasten (1.685 g)

Die marktbedeutenden Stapelpläne lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ **0,5 l PET EW ohne Kasten** werden in folierten 6er Einheiten 36-mal auf einer Holzpalette sechslagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 648 l Bier transportiert.
- ▶ **0,5 l Alu Dosen** werden in 24er Einheiten zu je 8 Trays auf einer Holzpalette achtlagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 768 l Bier transportiert.
- ▶ **0,5 l Mehrweg-Glasflaschen** werden zu je 8 20er MW Kunststoffkästen auf einer Holzpalette fünflagig gestapelt. Somit können auf einer Palette 400 l Bier transportiert werden.
- ▶ **0,33 l Mehrweg-Glasflaschen** werden zu je 8 24er MW Kunststoffkästen auf einer Holzpalette fünflagig gestapelt. Somit können auf einer Palette 317 l Bier transportiert werden.

Im Detail sind die Stapelpläne in den nachfolgenden beiden Tabellen gelistet. Die folgende Abbildung stellt die Verpackungsgewichte und die Füllvolumina einer durchschnittlich beladenen Palette für einzelne Verpackungssysteme gegenüber.

**Abbildung 50: Basisdaten Bier für ausgewählte Verpackungssysteme – gemitteltes Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Für die Distribution ist es relevant, wie hoch die transportierte Masse unabhängig von den Umläufen der Mehrweggebinde ist. Bei der einmaligen Befüllung (Umlaufzahl 1) wird deutlich, dass bei der **0,5 l PET-Flasche ohne Kasten** das Verpackungsgewicht in g pro 1 l

Füllvolumen mit 55 g am geringsten ist. Das höchste Verpackungsgewicht pro 1 l Füllvolumina ist bei den **0,33 l Glas Mehrwegflaschen** mit 1.072 g pro l Füllgut zu konstatieren.

**Tabelle 27: Materialeinsatz Primär-, Umverpackung und Transportverpackung – Basisdaten Bier**

<b>Verpackungs-stufe</b>	<b>Packmittel</b>	<b>Parameter</b>	<b>0,5 l PET EW ohne Kasten</b>	<b>0,5 l Alu Dose</b>	<b>0,5 l Glas MW Pool u. Ind.</b>	<b>0,33 l Glas MW Pool u. Ind.</b>
<b>Primärverpackung</b>	Körper	Packstoff	PET	Aluminium	Glas	Glas
		Masse in g	22,2	12,7	357,7	280,6
	Verschluss	Packstoff	PP	Aluminium	Weißblech	Weißblech
		Masse in g	2,6	2,5	2,0	2,0
	Etikett	Packstoff	Papier		Papier	Papier
		Masse in g	1,3		1,2	0,8
<b>Umverpackung</b>	Kasten	Packstoff			HDPE	HDPE
		Masse in g			1.707,1	1.685,3
		Anzahl IH*			20,0	24,0
	Bündelungs-folie	Packstoff	LDPE	LDPE		
		Masse in g	7,3	5,7		
	Multipack	Anzahl IH*	6,0	4,0		
		Packstoff		Wellpappe		Wellpappe
		Masse in g		33,3		39,2
		Anzahl IH*		4,0		6,0
<b>Transportverpackung</b>	Faltschachtel bzw. Tray	Packstoff	Wellpappe	Wellpappe		
		Masse in g	505,00	505,0		
		Anzahl IH*	24,00	24,0		
	Palette	Packstoff	Holz	Holz	Holz	Holz
		Masse in g	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0
	Folierung	Packstoff	LDPE	LDPE		
		Masse in g	288,00	426,40		
	Sicherungs-band	Packstoff			PP	PP
		Masse in g			20,0	20,0

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	0,5 l PET EW ohne Kasten	0,5 l Alu Dose	0,5 l Glas MW Pool u. Ind.	0,33 l Glas MW Pool u. Ind.
Zwischenlage	Packstoff Masse in g	Karton 112,8		Karton 112,8		

Anzahl IH\* Anzahl Innenverpackung Hauptpackmittel

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Tabelle 28: Stapelpläne Packmittel – Basisdaten Bier**

Stapelplan	Parameter	Einweg 0,5 l PET EW ohne Kasten	Einweg 0,5 l Alu Dose	Mehrweg 0,5 l Glas MW Pool u. Ind.	Mehrweg 0,33 l Glas MW Pool u. Ind.
Stapelplan 1 - Kasten	Gebinde pro Umverpackung			20	24
	Umverpackung pro Lage			8	8
	Lagen pro Palette			5	5
	Zwischenlagen pro Palette				
	Gebinde total pro Palette			800	960
	Marktbedeutender Stapelplan			x	x
Stapelplan 2 - Tray	Gebinde pro Umverpackung		24		
	Umverpackung pro Lage		8		
	Lagen pro Palette		8		
	Zwischenlagen pro Palette				
	Gebinde total pro Palette		1.536		
	Marktbedeutender Stapelplan			x	
Stapelplan 3 - Bündelungsfolie	Gebinde pro Umverpackung	6	24		
	Umverpackung pro Lage	36	9		
	Lagen pro Palette	6	7		
	Zwischenlagen pro Palette	6	7		
	Gebinde total pro Palette	1.296	1.512		
	Marktbedeutender Stapelplan	x			
Stapelplan 4 - Falt- sachet	Gebinde pro Umverpackung	48	48		
	Umverpackung pro Lage	8	8		

Stapelplan	Parameter	Einweg 0,5 l PET EW ohne Kasten	Einweg 0,5 l Alu Dose	Mehrweg 0,5 l Glas MW Pool u. Ind.	Mehrweg 0,33 l Glas MW Pool u. Ind.
	Lagen pro Palette	4	4		
	Zwischenlagen pro Palette				
	Gebinde total pro Palette	1.536	1.536		
	Marktbedeutender Stapelplan				
<b>Gesamtgewicht Verpackung pro Palette in kg</b>		36	56	357	340
<b>Gesamtgewicht Füllgut pro Palette in kg</b>		648	768	400	317
<b>Umlaufzahl IH*</b>		1	1	31	23

IH\* Innenverpackung Hauptpackmittel

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

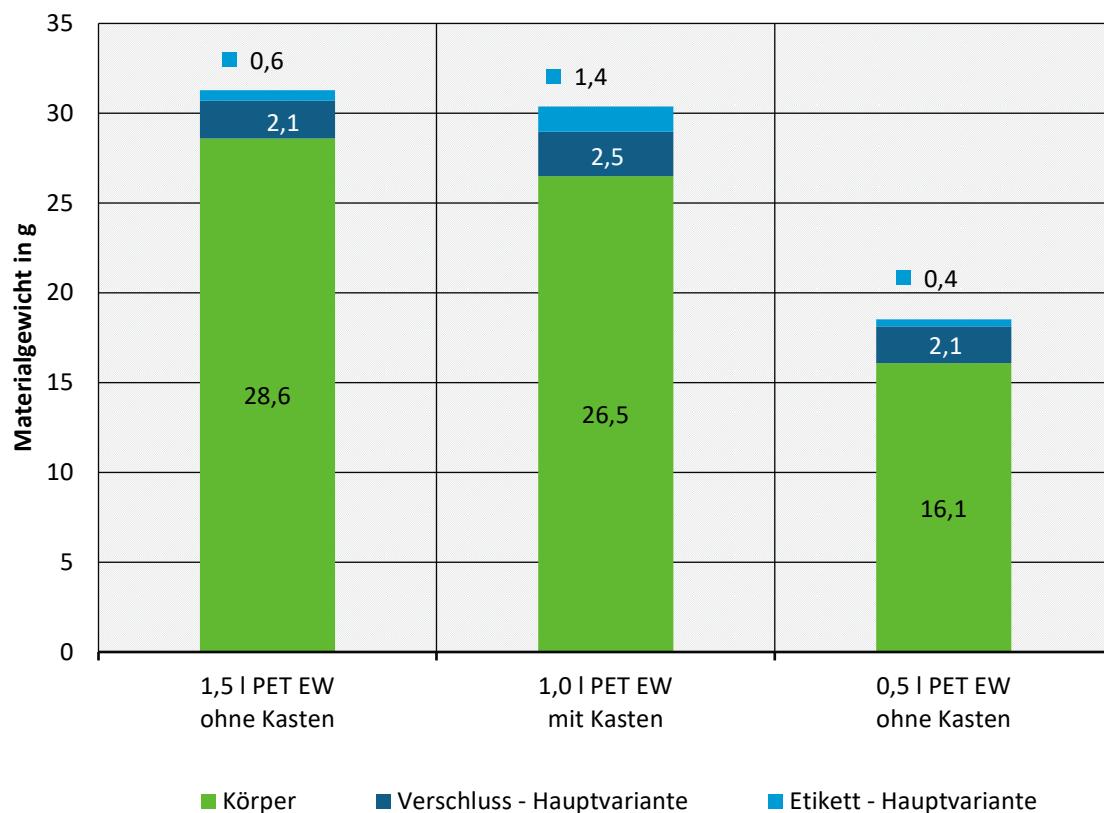
#### 4.2.5.2.2 Wässer

Die ermittelten Gewichte der Primärverpackungen werden in den nachfolgenden Grafiken dargestellt. In den Abbildungen sind die Verpackungsgewichte der einzelnen Verpackungskomponenten nach Körper, Verschlüssen und Etiketten für die jeweiligen Verpackungssysteme aufgeführt. Dabei werden Wässer mit Kohlensäure und Wässer ohne Kohlensäure separat betrachtet.

##### Wässer mit Kohlensäure

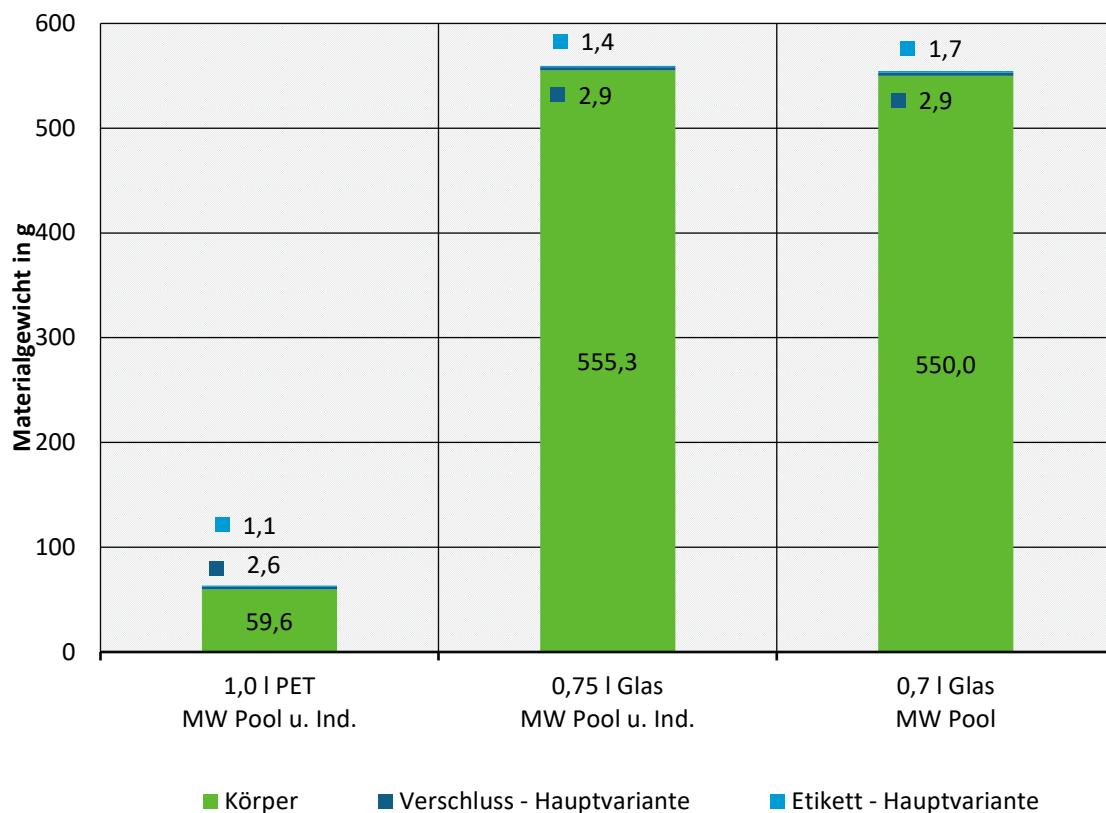
Die Materialgewichte variieren in Abhängigkeit von den Packstoffen und von den Füllvolumen zwischen 18,6 g (0,5 l Einweg-PET ohne Mehrwegkasten inkl. Verschluss und Etikett) und 559,6 g (0,75 l Mehrweg-Glas Pool- und Individualflaschen inkl. Verschluss und Etikett). Aufgeführt sind jeweils die Hauptvarianten der Nebenpackmittel. In Tabelle 29 bis Tabelle 31 sind zusätzlich zu den Hauptvarianten marktbedeutende Varianten der Nebenpackmittel gelistet.

**Abbildung 51: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Einweg Wässer mit Kohlensäure**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Abbildung 52: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Mehrweg Wässer mit Kohlensäure**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Bei den Etiketten sind folgende Packmittel relevant:

- ▶ 1,5 l PET EW und 0,5 l PET EW ohne Kasten: OPP-Etikett in der Hauptvariante, Papieretikett in der Nebenvariante
- ▶ 1,0 l PET EW mit Kasten: Papieretikett in der Hauptvariante, OPP-Etikett in der Nebenvariante
- ▶ 1,0 l PET MW Pool- und Individualflaschen: LDPE-Etikett als wichtigste Variante
- ▶ 0,75 l Glas MW Pool- und Individualflaschen und 0,7 l Glas MW Poolflaschen: Papieretikett als alleinige Variante

Bei den Verschlüssen sind folgende Packmittel relevant:

- ▶ Alle Einweg- und Mehrwegflaschen haben in der Hauptvariante einen Kunststoffverschluss
- ▶ Die Mehrweggebinde haben zusätzlich als Nebenvariante Aluminiumverschlüsse, da die Glas MW Individualflaschen hauptsächlich mit Aluminiumverschlüssen ausgestattet sind.

Für die Um- und Transportverpackungen wurden die folgenden Hauptvarianten identifiziert:

- ▶ 1,5 l PET EW ohne Kasten: 6er Bündelung Schrumpffolie (14,9 g)
- ▶ 0,5 l PET EW ohne Kasten: 6er Bündelung Schrumpffolie (6,8 g)
- ▶ 1,0 l PET EW mit Kasten: 12er MW Kunststoffkasten (1.320 g)

- ▶ 1,0 l Mehrweg-Pool- und Individual-Kunststoffflaschen: 12er MW Kunststoffkasten (1.482 g)
- ▶ 0,75 l Mehrweg-Pool- und Individual-Glasflaschen: 12er MW Kunststoffkasten (1.522 g)
- ▶ 0,7 l Mehrweg-Pool- und Individual-Glasflaschen: 12er MW Kunststoffkasten (1.430 g)

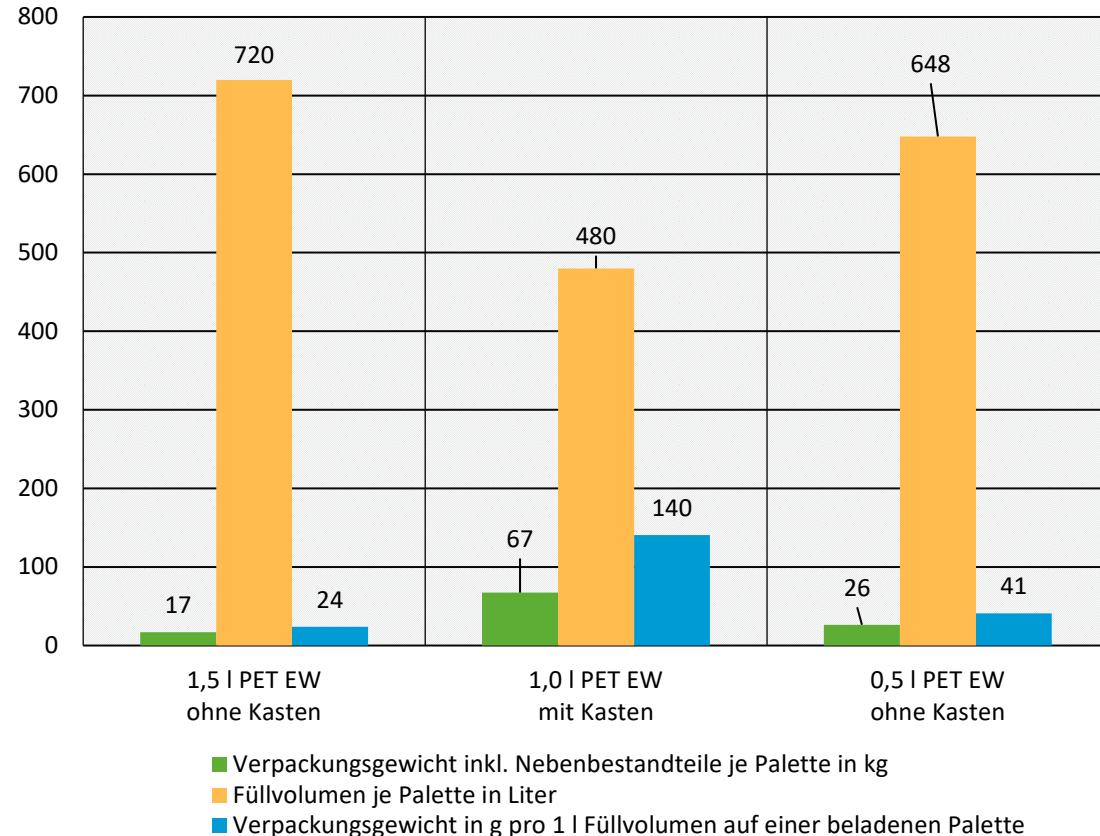
Die marktbedeutenden Stapelpläne lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ **1,5 l PET EW ohne Kasten** werden in folierten 6er Einheiten 16-Mal auf einer Holzpalette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 720 l karbonisierte Wässer transportiert.
- ▶ **0,5 l PET EW ohne Kasten** werden in folierten 6er Einheiten 36-Mal auf einer Holzpalette sechslagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 648 l karbonisierte Wässer transportiert.
- ▶ **1,0 l PET EW mit Kasten** werden zu je 8 12er MW Kunststoffkästen auf einer Holzpalette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 480 l karbonisierte Wässer transportiert.
- ▶ **1,0 l PET MW Pool- und Individualflasche** werden zu je 8 12er MW Kunststoffkästen auf einer Palette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 480 l karbonisierte Wässer transportiert.
- ▶ **0,75 l und 0,7 l Glas MW Flaschen** werden zu je 9 12er Kunststoffkästen auf einer Palette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden 405 l Wässer (0,75 l Flasche) bzw. 378 l Wässer (0,7 l Flasche) transportiert.

Die folgende Abbildung stellt die Verpackungsgewichte und die Füllvolumina einer durchschnittlich beladenen Palette für einzelne Verpackungssysteme von Einwegpackmitteln für karbonisierte Wässer dar.

Wird eine nur einmalige Befüllung unterstellt (Umlaufzahl 1), so hat die **1,5 l PET EW ohne Kasten** das geringste Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen mit 24 g pro 1 l Füllgut. Das höchste Verpackungsgewicht pro 1 l Füllvolumina ist bei der **1,0 l PET EW mit MW-Kasten** mit 140 g pro 1 Füllgut zu sehen.

**Abbildung 53: Basisdaten karbonisierte Wässer in Einweggebinden für ausgewählte Verpackungssysteme – gemitteltes Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen**

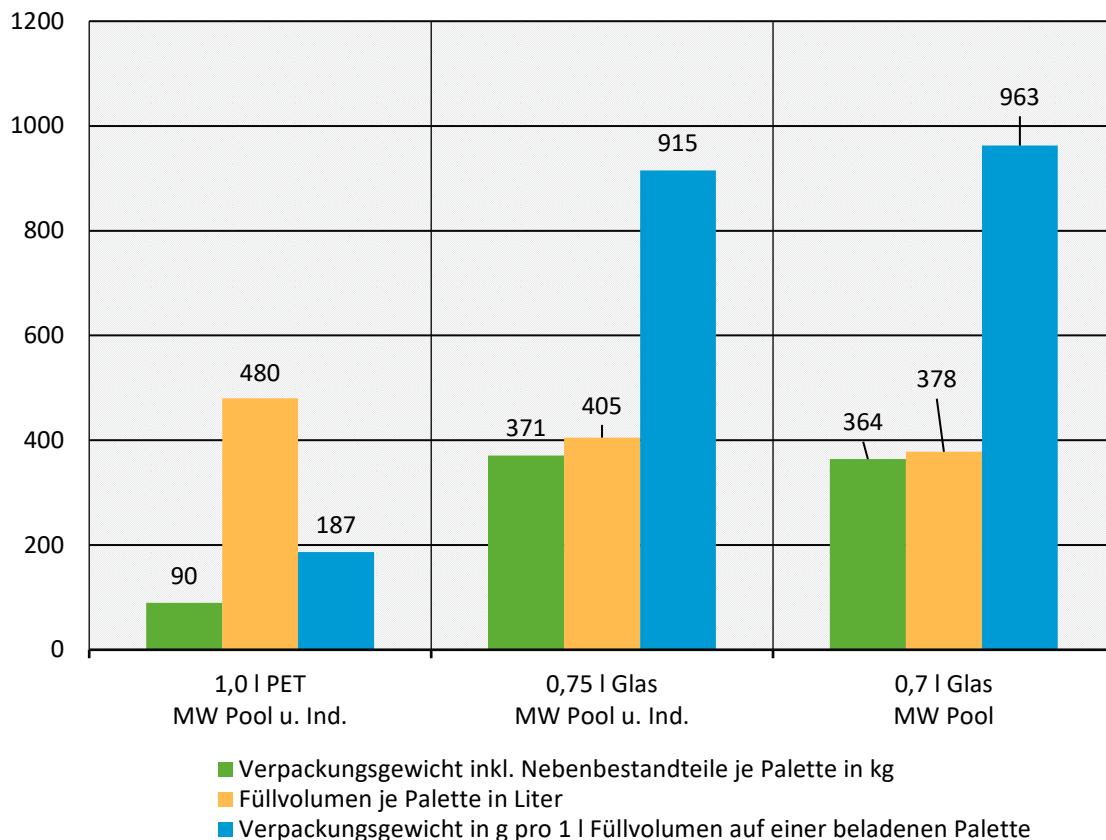


Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Die folgende Abbildung stellt die Verpackungsgewichte und die Füllvolumina einer durchschnittlich beladenen Palette für einzelne Verpackungssysteme von Mehrwegpackmitteln für karbonisierte Wässer gegenüber. Hierbei wird das Verpackungsgewicht unabhängig von der Umlaufzahl dargestellt.

Es wird deutlich, dass bei der **1,0 l PET MW Pool und Individualflasche** das Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen mit 187 g pro l am geringsten ist. Das höchste Verpackungsgewicht pro 1 l Füllvolumen erreicht die **0,7 l Glas MW Poolflasche** mit 963 g pro l.

**Abbildung 54: Basisdaten karbonisierte Wässer in Mehrweg für ausgewählte Verpackungssysteme  
– gemitteltes Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen**

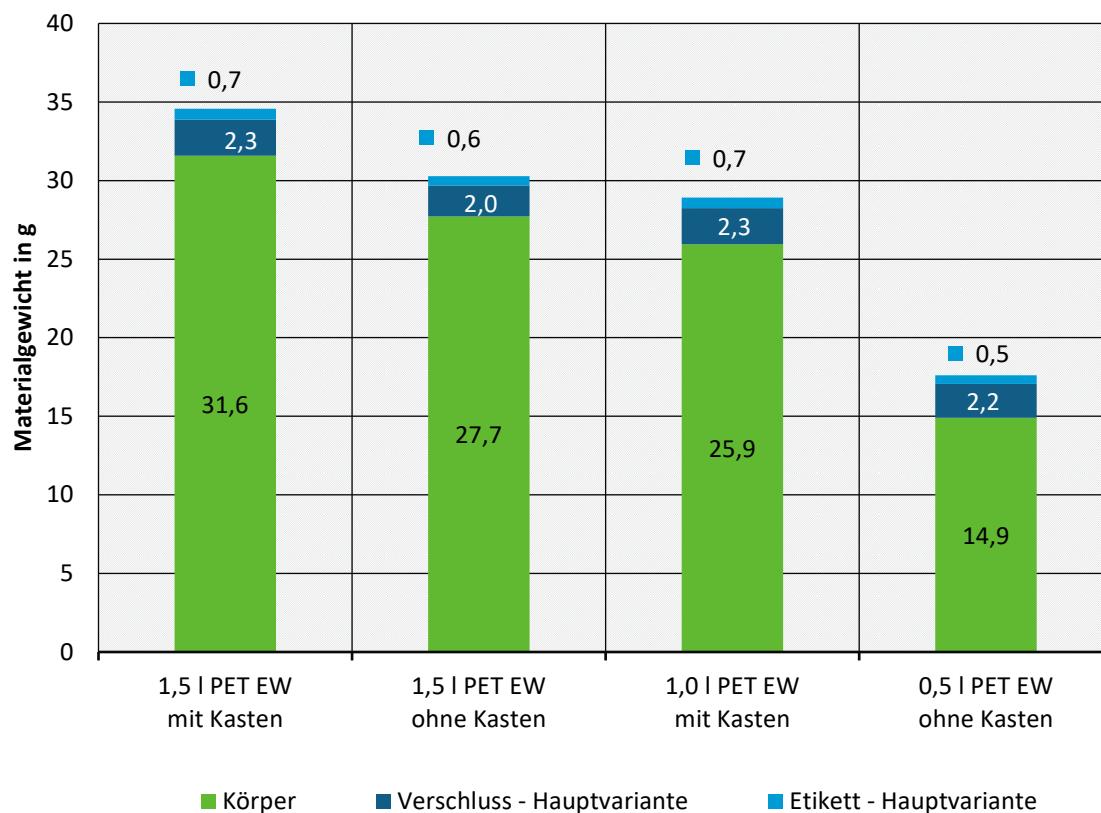


Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

### Wässer ohne Kohlensäure

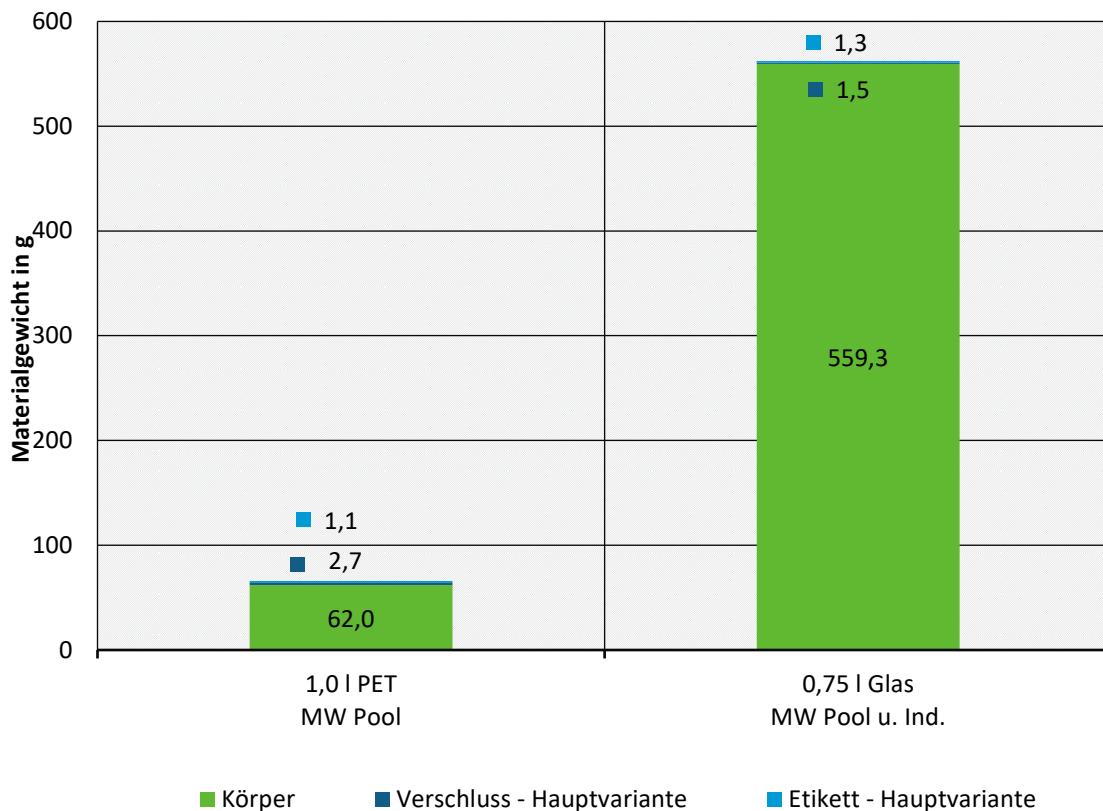
Die Materialgewichte variieren in Abhängigkeit von den Packstoffen und von den Füllvolumen zwischen 17,6 g (0,5 l Einweg-PET ohne Mehrwegkasten inkl. Verschluss und Etikett) und 562,1 g (0,75 l Mehrweg-Glas Pool- und Individualflaschen inkl. Verschluss und Etikett). Aufgeführt sind jeweils die Hauptvarianten der Nebenpackmittel. In Tabelle 32 bis Tabelle 34 sind zusätzlich zu den Hauptvarianten marktbedeutende Varianten der Nebenpackmittel gelistet.

**Abbildung 55: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Einweg Wässer ohne Kohlensäure**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Abbildung 56: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Mehrweg Wässer ohne Kohlensäure**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Bei den Etiketten sind folgende Packmittel relevant:

- ▶ Alle PET EW mit und ohne Kasten: Kunststoffetikett in der Hauptvariante, Papieretikett in der Nebenvariante
- ▶ 1,0 l PET MW Poolflaschen: LDPE-Etikett als wichtigste Variante
- ▶ 0,75 l Glas MW Pool- und Individualflaschen: Papieretikett als alleinige Variante

Bei den Verschlüssen sind folgende Packmittel relevant:

- ▶ Alle Einweg- und Mehrwegflaschen bis auf die 0,75 l Glas MW Individualflasche haben in der Hauptvariante einen Kunststoffverschluss
- ▶ Die 0,75 l Glas Individualflaschen haben einen höheren Marktanteil als die 0,75 l Glas Poolflaschen. Daher ist nach Aggregation dieser Flaschentypen der Verschluss aus Aluminium statt Kunststoff als Hauptvariante gelistet.

Für die Um- und Transportverpackungen wurden die folgenden Hauptvarianten identifiziert:

- ▶ 1,5 l PET EW mit Kasten: 6er MW Kunststoffkasten (1.370 g)
- ▶ 1,5 l PET EW ohne Kasten: 6er Bündelung Schrumpffolie (15,3 g)
- ▶ 0,5 l PET EW ohne Kasten: 6er Bündelung Schrumpffolie (6,9 g)
- ▶ 1,0 l PET EW mit Kasten: 12er MW Kunststoffkasten (1.320 g)

- ▶ 1,0 l Mehrweg-Pool-Kunststoffflaschen: 12er MW Kunststoffkasten (1.680 g)
- ▶ 0,75 l Mehrweg-Pool- und Individual-Glasflaschen: 12er MW Kunststoffkasten (1.430 g)

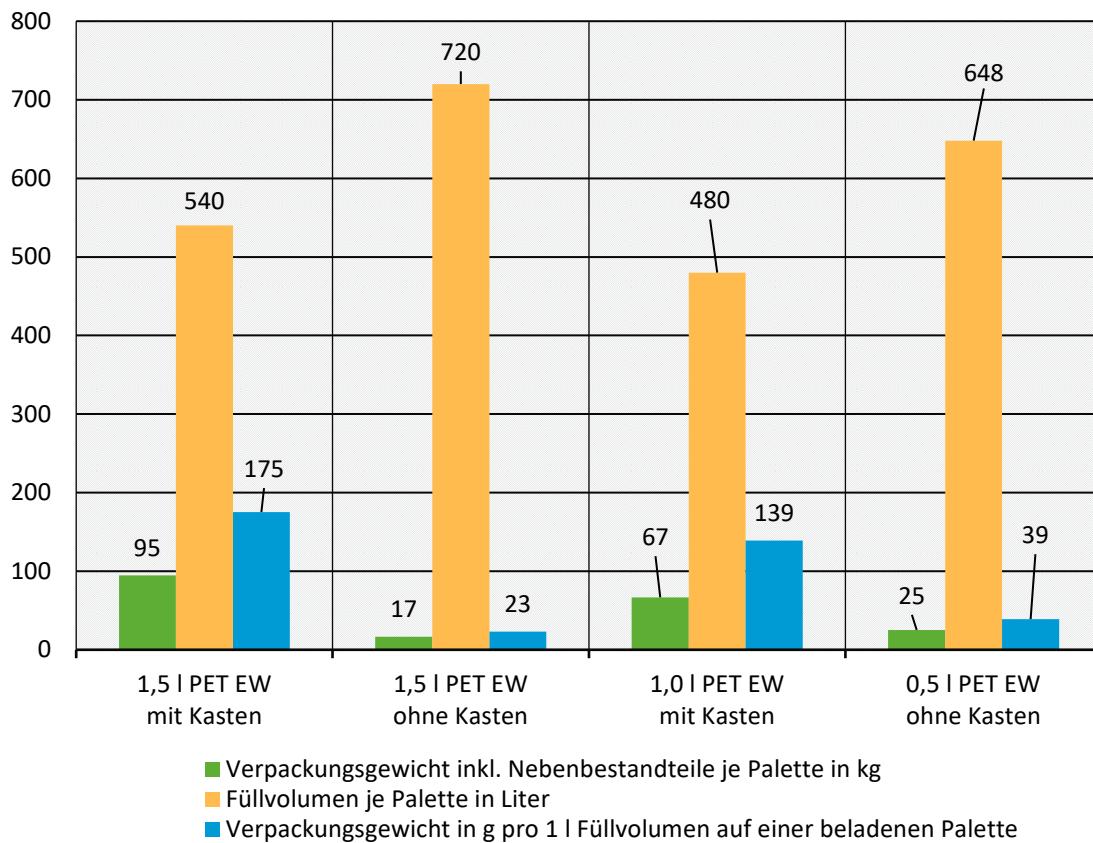
Die Stapelpläne mit hoher Marktbedeutung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ **1,5 l PET EW-Flasche mit Kasten** werden zu je 12 6er MW Kunststoffkästen auf einer Holzpalette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 540 l stille Wässer transportiert.
- ▶ **1,5 l PET EW-Flasche ohne Kasten** werden in folierten 6er Einheiten 16-Mal auf einer Holzpalette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 720 l stille Wässer transportiert.
- ▶ **0,5 l PET EW-Flasche ohne Kasten** werden in folierten 6er Einheiten 36-Mal auf einer Holzpalette sechslagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 648 l stille Wässer transportiert.
- ▶ **1,0 l PET EW-Flasche mit Kasten** werden zu je 8 12er MW Kunststoffkästen auf einer Holzpalette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 480 l stille Wässer transportiert.
- ▶ **1,0 l PET MW Pool-Flaschen** werden zu je 8 12er MW Kunststoffkästen auf einer Palette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 480 l stille Wässer transportiert.
- ▶ **0,75 l Glas MW Pool- und Individualflaschen** werden zu je 9 12er Kunststoffkästen auf einer Palette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden 405 l stille Wässer auf einer Palette transportiert.

Die folgende Abbildung stellt die Verpackungsgewichte und die Füllvolumina einer durchschnittlich beladenen Palette für einzelne Verpackungssysteme von Einwegpackmitteln für stille Wässer gegenüber.

Hierbei wird deutlich, dass das Verpackungsgewicht bei der **1,5 l PET EW-Flasche ohne Kasten** in g pro 1 l Füllvolumen mit 17 g pro l am geringsten ist. Das höchste Verpackungsgewicht pro 1 l Füllvolumen hat die **1,5 l PET EW-Flasche mit Kasten** mit 175 g pro l.

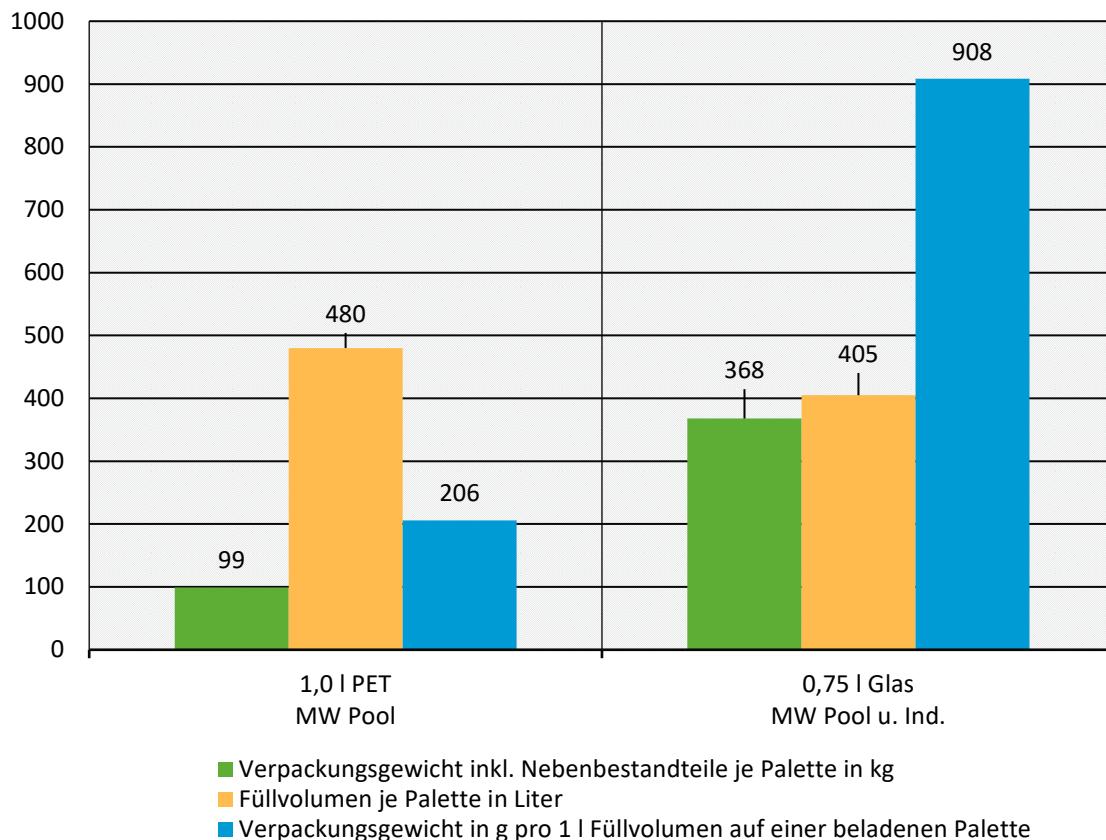
**Abbildung 57: Basisdaten stille Wässer in Einweg für ausgewählte Verpackungssysteme –  
gemitteltes Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht in kg  
gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Die folgende Abbildung stellt die Verpackungsgewichte und die Füllvolumina einer durchschnittlich beladenen Palette für einzelne Verpackungssysteme von Mehrwegpackmitteln gegenüber. Zu sehen ist, dass bei der **1,0 l PET MW Poolflasche** das Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen mit 206 g pro l am geringsten ist. Das höchste Verpackungsgewicht pro 1 l Füllvolumen hat die **0,75 l Glas MW Pool- und Individualflasche** mit 908 g pro l.

**Abbildung 58: Basisdaten stille Wässer in Mehrweg für ausgewählte Verpackungssysteme –  
gemitteltes Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht in kg  
gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Tabelle 29: Materialeinsatz Primär- und Umverpackung – Basisdaten karbonisierte Wässer**

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Einweg 1,5 l PET EW ohne Kasten	Einweg 1,0 l PET EW mit Kasten	Einweg 0,5 l PET EW ohne Kasten	Mehrweg 1,0 l PET MW Pool u. Ind.	Mehrweg 0,75 l Glas MW Pool u. Ind.	Mehrweg 0,7 l Glas MW Pool
<b>Primärverpackung</b>	Körper	Packstoff	PET	PET	PET	PET	Glas	Glas
		Masse in g	28,6	26,5	16,1	59,6	555,3	550,0
	Verschluss I	Packstoff	HDPE	HDPE	HDPE	PP	HDPE	HDPE
		Masse in g	2,1	2,5	2,1	2,6	2,9	2,9
	Verschluss II	Packstoff					Aluminium	Aluminium
		Masse in g					1,5	1,4
	Etikett I	Packstoff	OPP	Papier	OPP	LDPE	Papier	Papier
		Masse in g	0,6	1,4	0,4	1,1	1,4	1,7
	Etikett II	Packstoff	Papier	OPP	Papier			
		Masse in g	0,9	0,6	0,5			
<b>Umverpackung</b>	Kasten	Packstoff		HDPE		HDPE	HDPE	HDPE
		Masse in g		1.320		1.482	1.522	1.430
		Anzahl IH*		12,0		12,0	12,0	12,0
	Bündelungs- folie	Packstoff	LDPE		LDPE			
		Masse in g	14,9		6,8			
		Anzahl IH	6,0		6,0			

Verschluss I – Hauptvariante, Verschluss II – Nebenvariante; Etikett I – Hauptvariante, Etikett II – Nebenvariante; \*IH – Innenverpackung Hauptpackmittel

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Tabelle 30: Materialeinsatz Transportverpackung – Basisdaten karbonisierte Wässer**

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW mit Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET MW Pool u. Ind.	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.	0,7 l Glas MW Pool
Transportverpackung	Faltschachtel	Packstoff			Wellpappe			
		Masse in g			505,0			
		Anzahl IH			24,0			
	Palette	Packstoff	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz
		Masse in g	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0
	Folierung	Packstoff	LDPE		LDPE			
		Masse in g	334,0		288,0			
Sicherungsband	Packstoff		PP		PP	PP	PP	PP
	Masse in g		20,0		20,0	20,0	20,0	20,0
Zwischenlage	Packstoff	Karton		Karton				
	Masse in g	112,8		112,8				

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Tabelle 31: Stapelpläne Packmittel – Basisdaten karbonisierte Wässer**

Stapelplan	Parameter	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW mit Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET MW Pool u. Ind.	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.	0,7 l Glas MW Pool
Stapelplan 1 - Kasten	Gebinde pro Umverpackung		12		12	12	12
	Umverpackung pro Lage		8		8	9	9
	Lagen pro Palette		5		5	5	5
	Zwischenlagen pro Palette						
	Gebinde total pro Palette		480		480	540	540
	Marktbedeutender Stapelplan		x		x	x	x
Stapelplan 2 - Bündelungsfolie	Gebinde pro Umverpackung	6		6			
	Umverpackung pro Lage	16		36			
	Lagen pro Palette	5		6			
	Zwischenlagen pro Palette	5		6			
	Gebinde total pro Palette	480		1.296			
	Marktbedeutender Stapelplan	x		x			
Stapelplan 3 - Faltschachtel	Gebinde pro Umverpackung	24		48			
	Umverpackung pro Lage	8		8			
	Lagen pro Palette	7		4			

Stapelplan	Parameter	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW mit Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET MW Pool u. Ind.	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.	0,7 l Glas MW Pool
	Gebinde total pro Palette	1.344		1.536			
	Marktbedeutender Stapelplan						
	Gesamtgewicht Verpackung pro Palette in kg	17	67	26	90	371	364
	Gesamtgewicht Füllgut pro Palette in kg	720	480	648	480	405	378
	Umlaufzahl IH*	1	1	1	19	38	45

\*IH – Innenverpackung Hauptpackmittel; Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Tabelle 32: Materialeinsatz Primär- und Umverpackung – Basisdaten stille Wässer

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Getränksegment stille Wässer (6 Systeme)					
			Einweg				Mehrweg	
Primärverpackung	Körper	Packstoff	1,5 l PET EW mit Kasten	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW mit Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET MW Pool	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.
		Masse in g	PET	PET	PET	PET	PET	Glas
	Verschluss I	Packstoff	31,6	27,7	25,9	14,9	62,0	559,3
		Masse in g	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE	PP	Aluminium
	Verschluss II	Packstoff	2,3	2,0	2,3	2,2	2,7	1,5
								HDPE

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Getränkesegment stille Wässer (6 Systeme)					
			Einweg				Mehrweg	
			1,5 l PET EW mit Kasten	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW mit Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET MW Pool	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.
Umverpackung	Etikett I	Masse in g						2,9
		Packstoff	OPP	OPP	OPP	OPP	LDPE	Papier
	Etikett II	Masse in g	0,7	0,6	0,7	0,5	1,1	1,3
		Packstoff	Papier	Papier	Papier	Papier		
	Kasten	Masse in g	1,2	1,6	1,4			
		Packstoff	HDPE		HDPE		HDPE	HDPE
		Masse in g	1.370,0		1.320,0		1.680,0	1.430,0
Bündelungsfolie	Bündelungsfolie	Anzahl IH*	6,0		12,0		12,0	12,0
		Packstoff		LDPE		LDPE		
		Masse in g		15,3		6,9		
		Anzahl IH*		6,0		6,0		

\*Verschluss I – Hauptvariante, Verschluss II – Nebenvariante, Etikett I – Hauptvariante, Etikett II - Nebenvariante

\*\*IH – Innenverpackung Hauptpackmittel

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Tabelle 33: Materialeinsatz Transportverpackung – Basisdaten stille Wässer**

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Getränkesegment stille Wässer ( $\Sigma$ 7 Systeme)						
			Einweg				Mehrweg		
			1,5 l PET EW mit Kasten	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW mit Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET MW Pool	0,75 l Glas MW Pool	0,75 l Glas MW Ind.
Transportverpackung	Faltschachtel	Packstoff				Wellpappe			
		Masse in g					505,0		
		Anzahl IH*					24,0		
	Palette	Packstoff	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz
		Masse in g	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0
	Folierung	Packstoff		LDPE		LDPE			
		Masse in g		334,0		288,0			
Sicherungsband	Packstoff	PP		PP		PP	PP	PP	PP
	Masse in g	20,0		20,0		20,0	20,0	20,0	20,0
Zwischenlage	Packstoff		Karton		Karton				
	Masse in g		112,8		112,8				

\*IH – Innenverpackung Hauptpackmittel

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Tabelle 34: Stapelpläne Packmittel – Basisdaten stille Wässer**

Stapelplan	Parameter	Getränkesegment stille Wässer ( $\Sigma$ 6 Systeme)					
		Einweg				Mehrweg	
	1,5 l PET EW mit Kasten	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW mit Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET MW Pool	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.	
Stapelplan 1 - Kasten	Gebinde pro Umverpackung	6		12		12	12
	Umverpackung pro Lage	12		8		8	9
	Lagen pro Palette	5		5		5	5
	Gebinde total pro Palette	360		480		480	540
	<b>Marktbedeutender Stapelplan</b>	x		x		x	x
Stapelplan 2 - Bündelungsfolie	Gebinde pro Umverpackung		6		6		
	Umverpackung pro Lage		16		36		
	Lagen pro Palette		5		6		
	Zwischenlagen pro Palette		5		6		

Stapelplan	Parameter	Getränkesegment stille Wässer ( $\Sigma$ 6 Systeme)					
		Einweg			Mehrweg		
	1,5 l PET EW mit Kasten	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW mit Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET MW Pool	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.	
Stapelplan 3 - Faltschachtel	Gebinde total pro Palette		480		1.296		
	<b>Marktbedeutender Stapelplan</b>		x		x		
	Gebinde pro Umverpackung		24		48		
	Umverpackung pro Lage		8		8		
	Lagen pro Palette		7		4		
	Gebinde total pro Palette		1.344		1.536		
	<b>Marktbedeutender Stapelplan</b>						
<b>Gesamtgewicht Verpackung pro Palette in kg</b>		95	17	67	25	99	368
<b>Gesamtgewicht Füllgut pro Palette in kg</b>		540	720	480	648	480	405
<b>Umlaufzahl IH*</b>		1	1	1	1	20	35

\*IH – Innenverpackung Hauptpackmittel

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

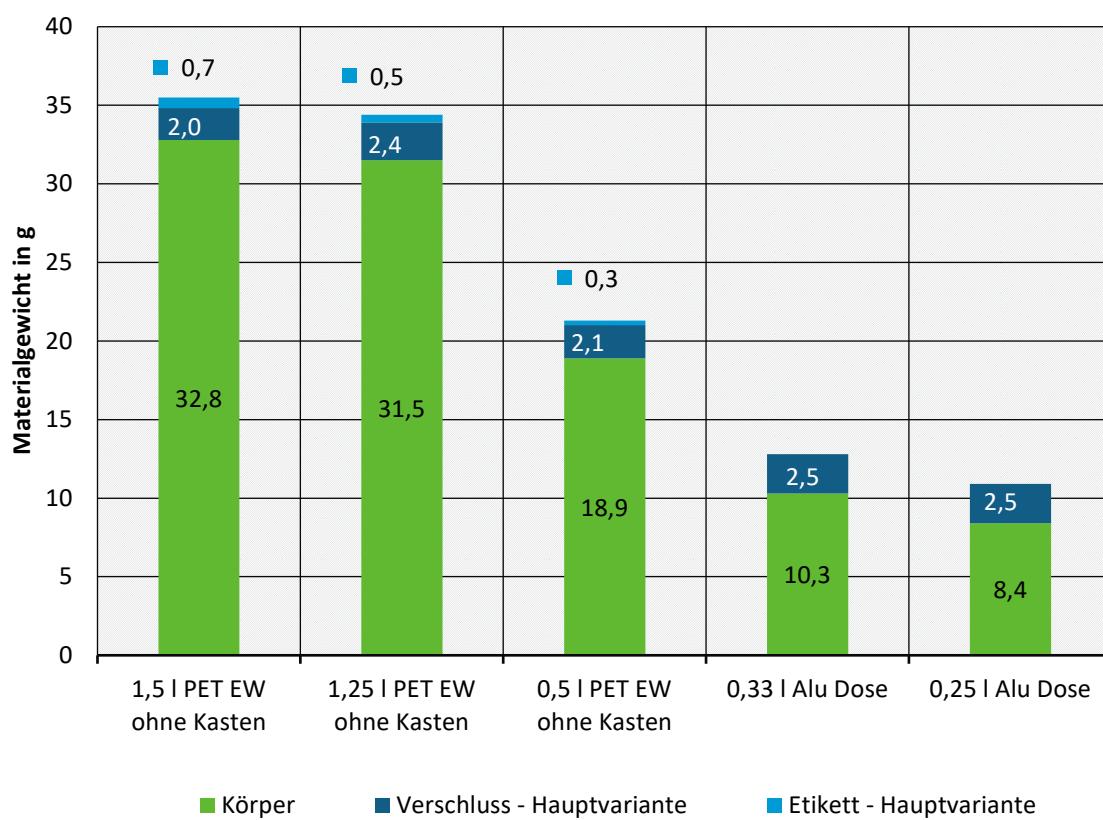
#### 4.2.5.2.3 Erfrischungsgetränke

Die Gewichte der Primärverpackungen sind in den nachfolgenden Grafiken dargestellt. In den Abbildungen sind die Verpackungsgewichte der einzelnen Verpackungskomponenten nach Körper, Verschlüssen und Etiketten für die jeweiligen Verpackungssysteme aufgeführt. Dabei werden Erfrischungsgetränke mit Kohlensäure und Erfrischungsgetränke ohne Kohlensäure separat betrachtet.

##### Erfrischungsgetränke mit Kohlensäure

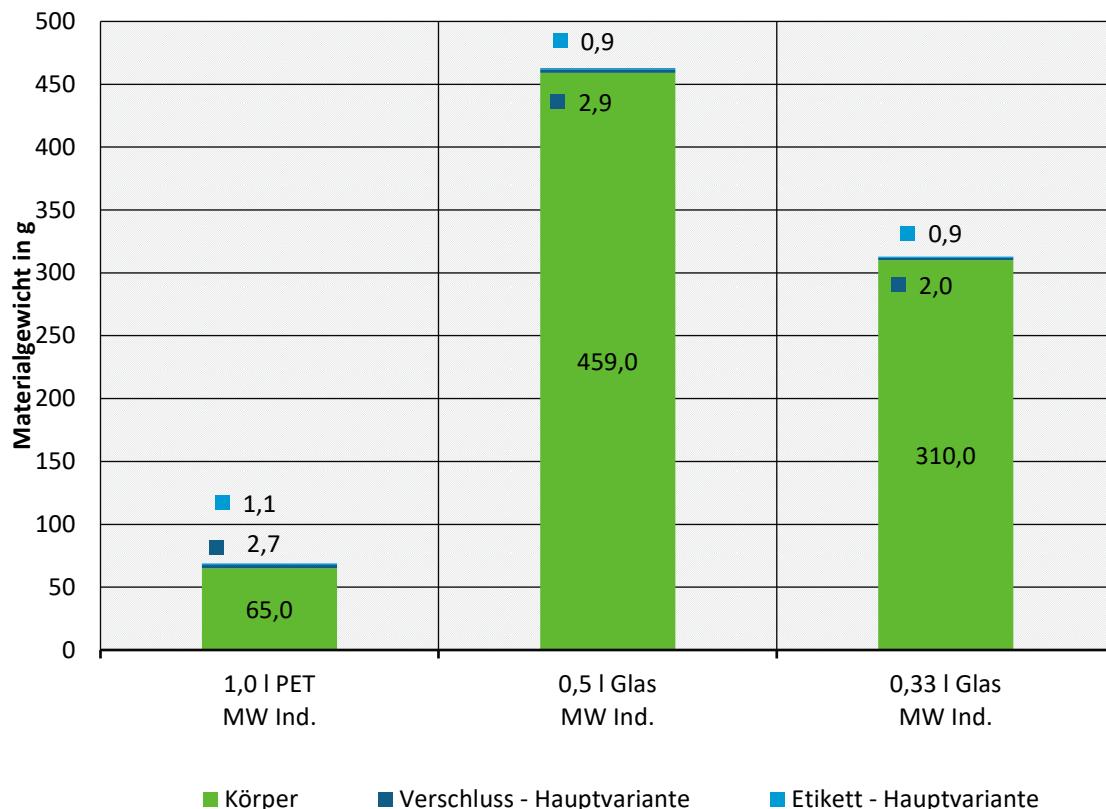
Die Materialgewichte variieren in Abhängigkeit von den Packstoffen und von den Füllvolumen zwischen 10,9 g (0,25 l Aluminiumdose) und 462,8 g (0,5 l Mehrweg-Glas Individualflaschen inkl. Verschluss und Etikett). Aufgeführt sind jeweils die Hauptvarianten der Nebenpackmittel. In Tabelle 35 bis Tabelle 37 sind zusätzlich zu den Hauptvarianten marktbedeutende Varianten der Nebenpackmittel gelistet.

**Abbildung 59: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Einweg Erfrischungsgetränke mit Kohlensäure**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Abbildung 60: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Mehrweg  
Erfrischungsgetränke mit Kohlensäure**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Bei den Etiketten sind folgende Packmittel relevant:

- ▶ Alle ausgewählten PET EW-Flaschen ohne Kasten: Kunststoffetikett in der Hauptvariante, Papieretikett in der Nebenvariante
- ▶ 1,0 l PET MW Individualflasche: Papieretikett in der Hauptvariante, Kunststoffetikett in der Nebenvariante
- ▶ Alle ausgewählten Glas MW Individualflaschen: Papieretikett

Bei den Verschlüssen sind folgende Packmittel relevant:

- ▶ 0,33 l Glas MW Individualflasche: Weißblech Kronkorken in der Hauptvariante
- ▶ Alle anderen Einweg- und Mehrwegflaschen haben in der Hauptvariante einen Kunststoffverschluss

Für die Um- und Transportverpackungen wurden die folgenden Hauptvarianten identifiziert:

- ▶ 1,5 l PET EW ohne Kasten: 6er Bündelung Schrumpffolie (11,9 g)
- ▶ 1,25 l PET EW ohne Kasten: 6er Bündelung Schrumpffolie (11,9 g)
- ▶ 0,5 l PET EW ohne Kasten: 6er Bündelung Schrumpffolie (6,7 g)
- ▶ 0,33 l und 0,25 l Aluminiumdose: 24er Tray aus Wellpappe (505,0 g)

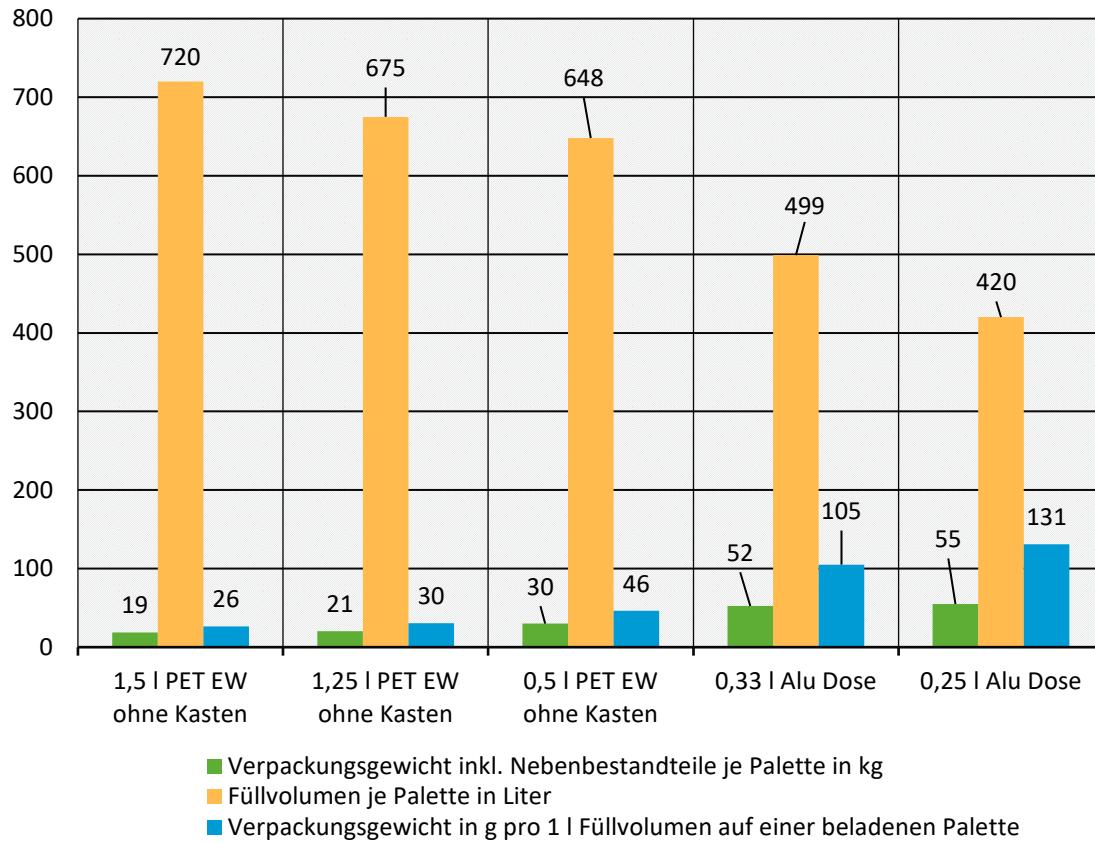
- ▶ 1,0 l PET MW Individualflaschen: 12er MW Kunststoffkasten (1.680 g)
- ▶ 0,5 l und 0,33 l Glas MW Individualflaschen: 20er MW Kunststoffkasten (1.430 g)

Die Stapelpläne mit Marktbedeutung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ **1,5 l PET EW-Flaschen ohne Kasten** werden in 6er folierten Einheiten 16-Mal auf einer Palette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 720 l karbonisierte Erfrischungsgetränke transportiert.
- ▶ **1,25 l PET EW-Flaschen ohne Kasten** werden in 6er folierten Einheiten 18-Mal auf einer Palette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 675 l karbonisierte Erfrischungsgetränke transportiert.
- ▶ **0,5 l PET EW-Flaschen ohne Kasten** werden in 6er folierten Einheiten 36-Mal auf einer Holzpalette sechslagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 648 l karbonisierte Erfrischungsgetränke transportiert.
- ▶ **0,33 l Alu Dosen** werden zu je 9 Trays auf einer Holzpalette siebenlagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 499 l karbonisierte Erfrischungsgetränke transportiert.
- ▶ **0,25 l Alu Dosen** werden zu je 10 Trays auf einer Holzpalette siebenlagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 420 l karbonisierte Erfrischungsgetränke transportiert.
- ▶ **1,0 l PET MW Individualflaschen** werden zu je 8 12er MW Kunststoffkästen auf einer Palette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 480 l karbonisierte Erfrischungsgetränke transportiert.
- ▶ **0,5 l Glas MW Individualflaschen** werden zu je 8 20er Kunststoffkästen auf einer Palette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 400 l karbonisierte Erfrischungsgetränke auf einer Palette transportiert.
- ▶ **0,33 l Glas MW Individualflaschen** werden zu je 8 24er Kunststoffkästen auf einer Palette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 317 l karbonisierte Erfrischungsgetränke auf einer Palette transportiert.

Die folgende Abbildung stellt die Verpackungsgewichte und die Füllvolumina einer durchschnittlich beladenen Palette für einzelne Verpackungssysteme von Einwegpackmitteln gegenüber. Hierbei wird deutlich, dass bei der **1,5 l PET EW ohne Kasten** das Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen mit 26 g pro l am geringsten ist. Das höchste Verpackungsgewicht pro 1 l Füllvolumen ist bei der **0,25 l Alu Dose** mit 131 g pro l zu sehen.

**Abbildung 61: Basisdaten karbonisierte Erfrischungsgetränke in Einweg für ausgewählte Verpackungssysteme – gemitteltes Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen**

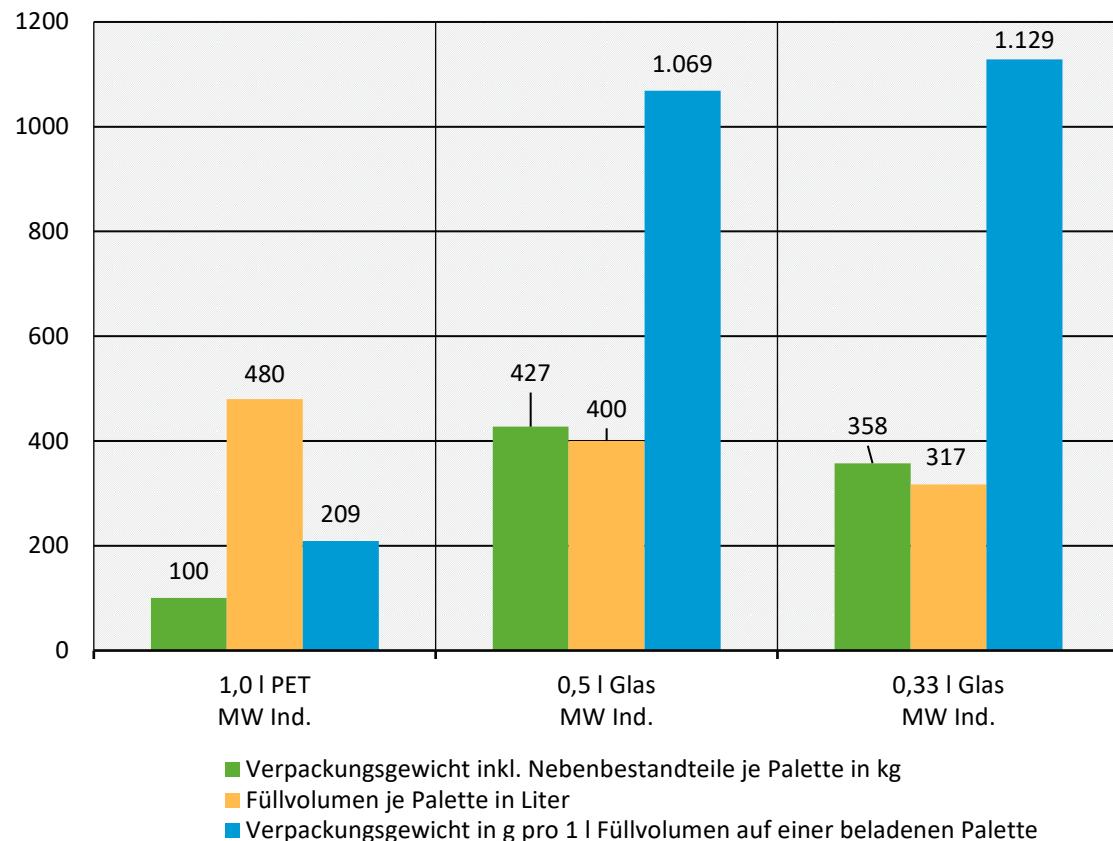


Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Auch in der folgenden Abbildung wird die Masse unabhängig von der Umlaufzahl der Mehrweggebinde dargestellt.

Die folgende Abbildung stellt die Verpackungsgewichte und die Füllvolumina einer durchschnittlich beladenen Palette für einzelne Verpackungssysteme von Mehrwegpackmitteln gegenüber. Zu sehen ist, dass bei der **1,0 l PET MW Individualflasche** das Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen mit 209 g pro l am geringsten ist. Das höchste gemittelte Verpackungsgewicht pro 1 l Füllvolumen hat die **0,33 l Glas MW Individualflasche** mit 1.129 g pro l.

**Abbildung 62: Basisdaten karbonisierte Erfrischungsgetränke in Mehrweg für ausgewählte Verpackungssysteme – gemitteltes Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen**

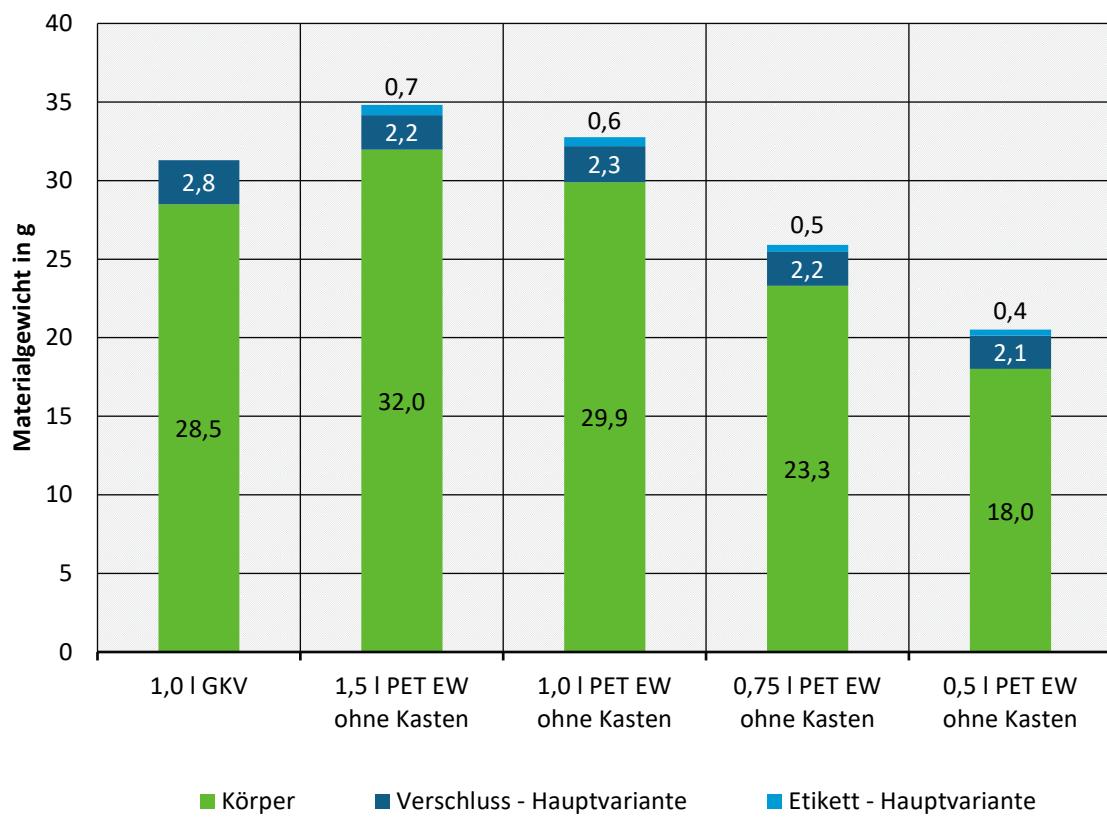


Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

### Erfrischungsgetränke ohne Kohlensäure

Die Materialgewichte variieren in Abhängigkeit von den Packstoffen und von den Füllvolumen zwischen 20,5 g (0,5 l Einweg-PET ohne Mehrwegkasten inkl. Verschluss und Etikett) und 34,9 g (1,5 l Einweg-PET ohne Mehrwegkasten inkl. Verschluss und Etikett). Aufgeführt sind jeweils die Hauptvarianten der Nebenpackmittel. In Tabelle 38 bis Tabelle 40 sind zusätzlich zu den Hauptvarianten marktbedeutende Varianten der Nebenpackmittel gelistet.

**Abbildung 63: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Einweg Erfrischungsgetränke ohne Kohlensäure**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Bei den Etiketten sind folgende Packmittel relevant:

- ▶ Alle ausgewählten PET EW-Flaschen ohne Kasten: Kunststoffetikett in der Hauptvariante, Papieretikett in der Nebenvariante
- ▶ Bei der Getränkekartonverpackung sind Etiketten nicht relevant.

Die folgenden Packmittel sind bei Verschlüssen marktbedeutend:

- ▶ Alle Einweggebinde haben in der Hauptvariante einen Kunststoffverschluss.
- ▶ Bei Getränkekarton kommt noch als zusätzlicher Verschlussbestandteil eine Aluminium-Siegelfolie hinzu.

Für die Um- und Transportverpackungen wurden die folgenden Hauptvarianten identifiziert:

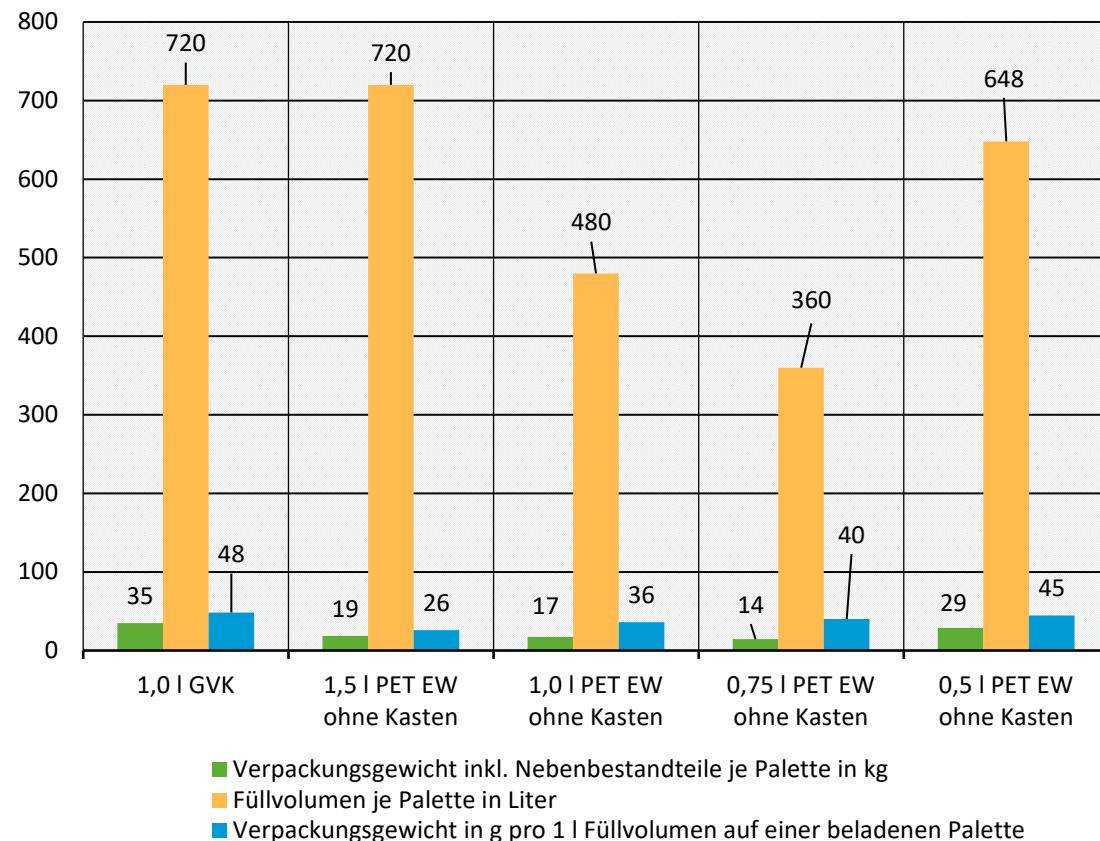
- ▶ 1,0 l GKV: 12er Tray aus Wellpappe (200 g)
- ▶ 1,5 l PET EW-Flaschen, 1,0 l PET EW-Flaschen und 0,75 l PET EW-Flaschen ohne Kasten: 6er Bündelung Schrumpffolie (14,0 g)
- ▶ 0,5 l PET EW ohne Kasten: 6er Bündelung Schrumpffolie (6,3 g)

Die Stapelpläne mit Marktbedeutung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ▶ **1,0 l GKV** werden zu je 12 12er Trays auf einer Palette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 720 l stille Erfrischungsgetränke transportiert.
- ▶ **1,5 l PET EW-Flaschen ohne Kasten** werden in 6er folierten Einheiten 16-Mal auf einer Palette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 720 l stille Erfrischungsgetränke transportiert.
- ▶ **1,0 l PET EW-Flaschen ohne Kasten** werden in 6er folierten Einheiten 16-Mal auf einer Palette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 480 l stille Erfrischungsgetränke transportiert.
- ▶ **0,75 l PET EW-Flaschen ohne Kasten** werden in 6er folierten Einheiten 16-Mal auf einer Palette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 360 l stille Erfrischungsgetränke transportiert.
- ▶ **0,5 l PET EW-Flaschen ohne Kasten** werden in 6er folierten Einheiten 36-Mal auf einer Holzpalette sechslagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 648 l stille Erfrischungsgetränke transportiert.

Die folgende Abbildung stellt die Verpackungsgewichte und die Füllvolumina einer durchschnittlich beladenen Palette für einzelne Verpackungssysteme von Einwegpackmitteln gegenüber. Hierbei wird deutlich, dass bei der **1,5 l PET EW-Flaschen ohne Kasten** das Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen mit 26 g am geringsten ist. Das höchste Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen erreicht **1,0 l GKV** (Getränkekarton) mit 48 g.

**Abbildung 64: Basisdaten stille Erfrischungsgetränke in Einweg für ausgewählte Verpackungssysteme – gemitteltes Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Tabelle 35: Materialeinsatz Primär- und Umverpackung – Basisdaten karbonisierte Erfrischungsgetränke**

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Getränkesegment karbonisierte Erfrischungsgetränke (8 Systeme)								
			Einweg					Mehrweg			
			1,5 l PET EW ohne Kasten	1,25 l PET EW ohne Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	0,33 l Alu Dose	0,25 l Alu Dose	1,0 l PET MW Ind.	0,5 l Glas MW Ind.	0,33 l Glas MW Ind.	
Primärverpackung	Körper	Packstoff	PET	PET	PET	Aluminium	Aluminium	PET	Glas	Glas	
		Masse in g	32,8	31,5	18,9	10,3	8,4	65,0	459,0	310,0	
	Verschluss I	Packstoff	HDPE	HDPE	HDPE	Aluminium	Aluminium	PP	HDPE	Weißblech	
		Masse in g	2,0	2,4	2,1	2,5	2,5	2,7	2,9	2,0	
	Verschluss II	Packstoff							Aluminium		
		Masse in g							1,5		
	Etikett I	Packstoff	OPP	OPP	OPP			Papier	Papier	Papier	
		Masse in g	0,7	0,5	0,3			1,1	0,9	0,9	
Umverpackung	Etikett II	Packstoff	Papier	Papier	Papier			LDPE			
		Masse in g	1,6	0,9	0,6			1,0			
	Kasten	Packstoff						HDPE	HDPE	HDPE	
		Masse in g						1.680,0	1.430,0	1.430,0	
		Anzahl IH*						12,0	20,0	20,0	
		Packstoff	LDPE	LDPE	LDPE						

Bündelungsfolie	Masse in g	11,9	11,9	6,7	7,3	6,9		
	Anzahl IH*	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0		

Verschluss I – Hauptvariante, Verschluss II – Nebenvariante; Etikett I – Hauptvariante, Etikett II - Nebenvariante

\*IH – Innenverpackung Hauptpackmittel

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Tabelle 36: Materialeinsatz Transportverpackung – Basisdaten karbonisierte Erfrischungsgetränke**

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Getränkesegment karbonisierte Erfrischungsgetränke (8 Systeme)								
			Einweg					Mehrweg			
			1,5 l PET EW ohne Kasten	1,25 l PET EW ohne Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	0,33 l Alu Dose	0,25 l Alu Dose	1,0 l PET MW Ind.	0,5 l Glas MW Ind.	0,33 l Glas MW Ind.	
Transportverpackung	Faltschachtel	Packstoff				Wellpappe	Wellpappe				
		Masse in g				505,0	505,0				
Palette		Anzahl IH*				24,0	24,0				
		Packstoff	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz	
Folierung		Masse in g	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0	
		Packstoff	LDPE	LDPE	LDPE						
Sicherungsband		Masse in g	334,0	302,0	288,0			PP	PP	PP	
		Packstoff						20,0	20,0	20,0	
Zwischenlage	Packstoff	Karton	Karton	Karton	Karton	Karton	Karton				

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Getränkesegment karbonisierte Erfrischungsgetränke (8 Systeme)							
			Einweg				Mehrweg			
		1,5 l PET EW ohne Kasten	1,25 l PET EW ohne Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten	0,33 l Alu Dose	0,25 l Alu Dose	1,0 l PET MW Ind.	0,5 l Glas MW Ind.	0,33 l Glas MW Ind.	
	Masse in g	112,8	112,8	112,8	112,8	112,8	112,8	112,8	112,8	

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Tabelle 37: Stapelpläne Packmittel – Basisdaten karbonisierte Erfrischungsgetränke**

		Getränkesegment karbonisierte Erfrischungsgetränke ( $\Sigma$ 8 Systeme)							
Stapelplan	Parameter	Einweg 1,5 l PET EW ohne Kasten	Einweg 1,25 l PET EW ohne Kasten	Einweg 0,5 l PET EW ohne Kasten	Einweg 0,33 l Alu Dose	Einweg 0,25 l Alu Dose	Mehrweg 1,0 l PET MW Ind.	Mehrweg 0,5 l Glas MW Ind.	Mehrweg 0,33 l Glas MW Ind.
Stapelplan 1 Kasten	Gebinde pro Umverpackung						12	20	24
	Umverpackung pro Lage						8	8	8
	Lagen pro Palette						5	5	5
	Gebinde total pro Palette						480	800	960
	Marktbedeutender Stapelplan						x	x	x
Stapelplan 2 Tray	Gebinde pro Umverpackung				24	24			
	Umverpackung pro Lage				9	10			
	Lagen pro Palette				7	7			
	Gebinde total pro Palette				1.512	1.680			
	Marktbedeutender Stapelplan				x	x			
Stapelplan 3 Bündelungsfolien	Gebinde pro Umverpackung	6	6	6	24	24			
	Umverpackung pro Lage	16	18	36	9	10			

	<b>Getränkesegment karbonisierte Erfrischungsgetränke (<math>\Sigma</math> 8 Systeme)</b>							
Lagen pro Palette	5	5	6	7	7			
Gebinde total pro Palette	5	5	6	7	7			
Marktbedeutender Stapelplan	480	540	1.296	1.512	1.680			
Gebinde pro Umverpackung	x	x	x					
<b>Gesamtgewicht Verpackung pro Palette in kg</b>	19	21	30	52	55	100	427	358
<b>Gesamtgewicht Füllgut pro Palette in kg</b>	720	675	648	499	420	480	400	317
<b>Umlaufzahl IH*</b>	1	1	1	1	1	16	15	13

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Tabelle 38: Materialeinsatz Primär- und Umverpackung – Basisdaten stille Erfrischungsgetränke**

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Getränkesegment stille Erfrischungsgetränke ( $\Sigma$ 5 Systeme)				
			1,0 l GKV	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW ohne Kasten	0,75 l PET EW ohne Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten
Primärverpackung	Körper	Packstoff	Getränkekarton	PET	PET	PET	PET
		Masse in g	28,5	32,0	29,9	23,3	18,0
	Verschluss	Packstoff	PE-Kappe; PP-Ausgießer; Kst./Alu-Siegel	HDPE	HDPE	HDPE	HDPE
		Masse in g	2,8	2,2	2,3	2,2	2,1
Umverpackung	Etikett I	Packstoff		OPP	OPP	OPP	OPP
		Masse in g		0,7	0,6	0,5	0,4
	Etikett II	Packstoff		Papier	Papier	Papier	Papier
		Masse in g		1,6	0,8	0,7	0,6
	Kasten	Packstoff					
		Masse in g					
		Anzahl IH*					
		Packstoff		LDPE	LDPE	LDPE	LDPE

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Getränkesegment stille Erfrischungsgetränke ( $\Sigma$ 5 Systeme)				
			Einweg				
			1,0 l GKV	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW ohne Kasten	0,75 l PET EW ohne Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten
Bündelungs-folie		Masse in g		14,0	14,0	14,0	6,3
		Anzahl IH*		6,0	6,0	6,0	6,0

Verschluss I – Hauptvariante, Verschluss II – Nebenvariante; Etikett I – Hauptvariante, Etikett II - Nebenvariante

\*IH – Innenverpackung Hauptpackmittel

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Tabelle 39: Materialeinsatz Transportverpackung – Basisdaten stille Erfrischungsgetränke

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Getränkesegment stille Erfrischungsgetränke ( $\Sigma$ 5 Systeme)				
			Einweg				
			1,0 l GVK	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW ohne Kasten	0,75 l PET EW ohne Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten
Transportverpackung	Faltschachtel / Tray	Packstoff	Wellpappe	Wellpappe	Wellpappe		Wellpappe
		Masse in g	200,0	505,0	505,0		505,0
		Anzahl IH*	12				24
Palette		Packstoff	Holz	Holz	Holz	Holz	Holz
		Masse in g	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0
Folierung		Packstoff	LDPE	LDPE		LDPE	LDPE

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Getränkesegment stille Erfrischungsgetränke ( $\Sigma$ 5 Systeme)				
			Einweg				
			1,0 l GVK	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW ohne Kasten	0,75 l PET EW ohne Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten
Zwischenlage	Masse in g	Packstoff	346,5	334,0	Karton	290,0	288,0
		Masse in g		112,8	Karton	Karton	Karton
					112,8	112,8	112,8

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Tabelle 40: Stapelpläne Packmittel – Basisdaten stille Erfrischungsgetränke**

Stapelplan	Parameter	Getränksegment stille Erfrischungsgetränke ( $\Sigma$ 5 Systeme)				
		Einweg				
		1,0 l GVK	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW ohne Kasten	0,75 l PET EW ohne Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten
Stapelplan 1 - Tray	Gebinde pro Umverpackung		12			
	Umverpackung pro Lage		12			
	Lagen pro Palette		5			
	Gebinde total pro Palette	720				
	Marktbedeutender Stapelplan	x				
Stapelplan 2 - Bündelungsfolie	Gebinde pro Umverpackung			6	6	6
	Umverpackung pro Lage			16	16	16
	Lagen pro Palette			5	5	5
	Zwischenlagen pro Palette			5	5	5
	Gebinde total pro Palette		480	480	480	1.296
	Marktbedeutender Stapelplan		x	x	x	x

Stapelplan	Parameter	Getränkesegment stille Erfrischungsgetränke ( $\Sigma$ 5 Systeme)				
		Einweg				
		1,0 l GVK	1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW ohne Kasten	0,75 l PET EW ohne Kasten	0,5 l PET EW ohne Kasten
Stapelplan 3 - Faltschachtel	Gebinde pro Umverpackung	24				
	Umverpackung pro Lage	8				
	Lagen pro Palette	7				
	Gebinde total pro Palette	1.344				
	Marktbedeutender Stapelplan					
<b>Gesamtgewicht Verpackung pro Palette in kg</b>		35	19	17	14	29
<b>Gesamtgewicht Füllgut pro Palette in kg</b>		720	720	480	360	648

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

### 4.2.5.3 Materialeinsatz in den Optimierungsszenarien

#### 4.2.5.3.1 Mehrweg-Glasflaschen

Bei kohlensäurehaltigen Getränken sind Gewichtsreduzierungen stärker limitiert als bei kohlensäurefreien Getränken. Qualitative Rahmenbedingungen sind hinsichtlich der Innendruckstabilität sicherzustellen. Materialreduzierungen sind nach Aussagen von Abfüllern und Glasherstellern durch Designoptimierungen perspektivisch realisierbar (Expertenbefragung 10/2021).

Bei Mehrwegflaschen für kohlensäurehaltige Getränke wird die Einhaltung der Gebrauchsinnendruckfestigkeit von 11 bar gefordert (vgl. DBB, BV Glas 2017). Die Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB) hat ermittelt, dass der Laborwert von 11 bar einem Praxisumlauf von mindestens 30 Zyklen entspricht (ca. 10 Jahre bei angenommenen 3 Umläufen / Jahr). Die Mindestglasdicke bzw. die Glasverteilung ist der maßgebliche Faktor für die Einhaltung dieser Spezifikation.

#### Einflussfaktoren auf das Gewicht einer Glas-Mehrwegflasche

Mögliche Materialreduzierungen der Getränkeflaschen hängen von folgenden Faktoren ab:

- ▶ Getränkeart (karbonisierte Getränke / nicht-karbonisierte Getränke)
- ▶ Flaschendesign
- ▶ Angestrebte Nutzungshäufigkeit der Mehrwegflasche

#### Aussagen von Begleitkreisteilnehmern zur möglichen Materialreduktion von Glas-Mehrwegflaschen

Folgende ausgewählte Zitate von Marktteilnehmern sind dokumentiert:

1. „Wenn die abfüllende Industrie bereit ist, bei bestehender Produktsicherheit das Lebensalter der Flaschen z.B. auf max. 25 Umläufe zu begrenzen (z.B. über die Erkennung der Breite der Reiberinge indirekt steuerbar), dann könnte man bei einer angepassten Vorgabe für die Gebrauchsinnendruckfestigkeit zu signifikanten Gewichtsreduzierungen der MW-Flaschen kommen“ (Expertenbefragung 10/2021).

2. „(...) eine zuverlässige Prognose ist nicht möglich. Nach gegenwärtigem technischem Stand wären 10 % bei Glas-Mehrwegflaschen (...) möglich“ (Expertenbefragung 10/2021).

In Abhängigkeit von dem Füllgut ist im Optimierungsszenario 2030 von einer Gewichtsreduktion bei Glas-Mehrwegflaschen von 6 % bis 10 % auszugehen. Bis 2045 ist mit einer Gewichtsreduktion von 10 % bis 15 % zu rechnen. Die nachfolgende Tabelle listet die Packmittelgewichte der Mehrweg-Glasflaschenkörper nach Getränksegmenten und Verpackungssystemen für die Basisdaten und die Optimierungsszenarien aus.

Die Umstellung von Mehrweggebinde benötigt einen mehrjährigen Planungshorizont, viele Vorarbeiten und einen Übergangszeitraum, in dem sowohl die bisher eingesetzten Flaschen als auch gewichtsoptimierte Flaschen eingesetzt werden.

Bis 2030 ist mit einer nahezu vollständigen Poolerneuerung zu rechnen. Das heißt, bereits begonnene Optimierungsprozesse werden im Optimierungsszenario 2030 abgeschlossen sein. Darüber hinaus werden weitere Optimierungen bis 2030 zum Teil umgesetzt werden.

Daher nehmen die Auftragnehmer an, dass die Optimierung bis 2030 geringerer ausfallen wird, als dies technisch möglich ist. Dies wird am Beispiel Mehrweg-Individualflaschen für karbonisierte Erfrischungsgetränke deutlich (siehe nachfolgende Tabelle). Technisch könnten die 0,5 l oder die 0,33 l Mehrweg-Individual-Glasflaschen für Erfrischungsgetränke auch in den leichteren 0,5 l oder in den 0,33l Bier-Mehrweg-Glasflaschen (z.B. Longneck-Flaschen) abgefüllt werden. Dieses Szenario ist aber unter den momentanen Marktgegebenheiten nicht realistisch.

**Tabelle 41: Materialreduktion Mehrweg-Glasflaschen in den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 im Vergleich zu den Basisdaten**

Getränke- segment	Verpackungssystem	Materialeinsatz in Gramm				
		Basisdaten	2030	2045	Änd. 2020 bis 2030 in %	Änd. 2020 bis 2045 in %
<b>Bier</b>	0,5 l Glas MW Pool u. Ind.	357,7	336,2	321,9	-6%	-10%
	0,33 l Glas MW Pool. und. Ind.	280,6	263,8	252,5	-6%	-10%
<b>Wässer, karbonisiert</b>	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.	555,3	522,0	499,8	-6%	-10%
	0,7 l Glas MW Pool	550,0	517,0	495,0	-6%	-10%
<b>Wässer, still</b>	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.	559,3	522,0	499,8	-7%	-11%
<b>Erfrischungs- getränke, karbonisiert</b>	0,5 l Glas MW Ind.	459,0	413,1	390,2	-10%	-15%
	0,33 l Glas MW Ind.	310,0	279,0	263,5	-10%	-15%

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

#### 4.2.5.3.2 Mehrweg-Kunststoffflaschen

Wie bereits bei Mehrweg-Glasflaschen beschrieben, sind Gewichtsreduzierungen bei kohlensäurehaltigen Getränken stärker limitiert als bei kohlensäurefreien Getränken. Neben haptischen Anforderungen sind auch qualitative Rahmenbedingungen hinsichtlich Innendruckstabilität sicherzustellen.

##### Einflussfaktoren auf das Gewicht einer PET-Mehrwegflasche

Mögliche Materialreduzierungen der Getränkeflaschen hängen von folgenden Faktoren ab:

- ▶ Getränkeart (karbonisierte Getränke / nicht-karbonisierte Getränke)
- ▶ Flaschendesign
- ▶ Angestrebte Nutzungshäufigkeit der Mehrwegflasche

Mäßige Reduzierungen durch Optimierung von Design und Gewinde sind nach Aussagen von Abfüllern perspektivisch realisierbar (Expertenbefragung 10/2021). Bei den Flaschen für karbonisierte Getränke sind jedoch höhere Flaschengewichte notwendig, um die Stabilität und die erforderliche Gasbarriere zu gewährleisten.

In Abhängigkeit von dem Füllgut ist im Optimierungsszenario 2030 von einer Gewichtsreduktion bei Kunststoff-Mehrwegflaschen von 7 % bis 10 % auszugehen. Bis 2045 ist mit einer Gewichtsreduktion von 11 % bis 15 % zu rechnen. Die folgende Tabelle listet die Packmittelgewichte der Mehrweg-Kunststoffkörper nach Getränkeselementen und Verpackungssystemen für die Basisdaten und die Optimierungsszenarien aus.

Die Umstellung von Mehrweggebindebenen benötigt einen mehrjährigen Planungshorizont in dem sowohl die bisher eingesetzten Flaschen als auch gewichtsoptimierte Flaschen eingesetzt werden. Daher nehmen die Auftragnehmer an, dass die Optimierung bis 2030 geringerer ausfallen wird, als dies technisch möglich ist. Dies wird am Beispiel der Mehrweg-Individualflaschen für karbonisierte Erfrischungsgetränke deutlich (siehe nachfolgende Tabelle). Technisch könnten die 1,0 l Mehrweg-Individual-Kunststoffflaschen für Erfrischungsgetränke auch in den leichteren 1,0 l-Wasserflaschen abgefüllt werden. Dieses Szenario ist aber unter den momentanen Marktgegebenheiten nicht realistisch.

**Tabelle 42: Materialreduktion Mehrweg-Kunststoffflaschen in den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 im Vergleich zu den Basisdaten**

Getränkeselement	Verpackungssystem	Basisdaten	Materialeinsatz in Gramm			
			2030	2045	Änd. 2020 bis 2030 in %	Änd. 2020 bis 2045 in %
Wässer, karbonisiert	1,0 l PET MW Pool u. Ind.	61,2	56,9	54,5	-7%	-11%
Wässer, still	1,0 l PET MW Pool	62,0	57,0	54,6	-8%	-12%
Erfrischungsgetränke, karbonisiert	1,0 l PET MW Ind.	69,0	62,1	58,7	-10%	-15%

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

#### 4.2.5.3.3 Einweg-Kunststoffflaschen

Gewichtsreduktionen von Einweg-Kunststoffflaschen können durch Optimierungen der Gewindemündung sowie durch neue Blasformen bei den Abfüllern erreicht werden. Materialreduzierungen sind durch Designoptimierungen bei allen Flaschentypen perspektivisch realisierbar.

##### Einflussfaktoren auf das Gewicht einer PET-Einwegflasche

Mögliche Materialreduzierungen der Getränkeflaschen hängen insbesondere von folgenden Faktoren ab:

- ▶ Getränkeart (karbonisierte Getränke / nicht-karbonisierte Getränke)
- ▶ Optimierung der Gewindemündung
- ▶ Optimierte Blasformen
- ▶ Füllgröße

Wesentliche Qualitätskriterien bei PET-Flaschen sind sowohl der CO<sub>2</sub>-Verlust (bei kohlensäurehaltigen Getränken) als auch die Haptik. Beide Kriterien werden maßgeblich über die Wandstärke der Flasche beeinflusst.

##### Aussagen von Begleitkreisteilnehmern zur möglichen Materialreduktion von PET-Einweg

Folgende Aussagen von Marktteilnehmern sind dokumentiert:

1. „Auch hier ist eine zuverlässige Prognose nicht möglich. Nach gegenwärtigem technischem Stand wären (...) 5 % bei PET Einweg (Standard) möglich“ (Expertenbefragung 10/2021).
2. „(...) durch Veränderungen der Mündung hin zu „Kurzgewinden“ und neue Blasformen bei den Abfüllern [ist] eine Gewichtsreduktion bis zum Jahr 2030 von 15 % (...) realistisch (...). Bis zum Jahr 2050 geht unsere Schätzung von bis zu 30 % aus“ (Expertenbefragung 10/2021).
3. Ein weiterer Teilnehmer bezifferte die Bandbreite der Gewichtsreduktion wie folgt (10/2021):

bis 2030: 0,5 l PET-Einweg ca. 15 % - 30%; 1,5 l PET-Einweg 15 % - 20 %

bis 2050: 0,5 l PET-Einweg ca. 15 % - 40%; 1,5 l PET-Einweg 15 % - 30 %

In Abhängigkeit von dem Füllgut ist im Optimierungsszenario 2030 von einer Gewichtsreduktion bei Kunststoff-Einwegflaschen von 5 % bis 15 % auszugehen. Bis 2045 ist mit einer Gewichtsreduktion von 8 % bis 20 % zu rechnen. Tabelle 43 nachfolgende Tabelle listet die Packmittelgewichte der Einweg-Kunststoffkörper nach Getränkesegmenten und Verpackungssystemen für die Basisdaten und die Optimierungsszenarien aus. Die unterschiedlichen Optimierungspotentiale sind auf folgende Ursachen zurückzuführen:

- ▶ Ein Teil der eingesetzten Getränkeflaschen ist in den Basisdaten noch nicht gewichtsoptimiert. Für diese Flaschen ist der Spielraum für Optimierungen folglich deutlich höher. Nichtsdestotrotz wird es auch 2030 Unterschiede bei den Einsatzgewichten geben, da nicht alle Getränkeabfüller gewichtsoptimierte Getränkeflaschen einsetzen werden.

- Mit der Umstellung auf die sogenannten „Tethered Caps“ werden einige Akteure Kurzgewinde einsetzen, die gegenüber den herkömmlichen und aktuell weit verbreiteten Gewinden zu einer Materialeinsparung führen.

**Tabelle 43: Materialreduktion Einweg-Kunststoffflaschen in den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 im Vergleich zu den Basisdaten**

Getränke-segment	Verpackungssystem	Basisdaten	Materialeinsatz in Gramm			
			2030	2045	Änd. 2020 bis 2030 in %	Änd. 2020 bis 2045 in %
Bier	0,5 l PET EW ohne Kasten	22,2	21,1	20,4	-5%	-8%
	1,5 l PET EW ohne Kasten	28,6	27,2	25,7	-5%	-10%
Wässer, karbonisiert	1,0 l PET EW mit Kasten	26,5	25,2	23,8	-5%	-10%
	0,5 l PET EW ohne Kasten	16,1	15,3	14,2	-5%	-12%
	1,5 l PET EW mit Kasten	31,6	26,9	25,3	-15%	-20%
	1,5 l PET EW ohne Kasten	27,7	25,8	24,1	-7%	-13%
Wässer, still	1,0 l PET EW mit Kasten	25,9	24,6	23,3	-5%	-10%
	0,5 l PET EW ohne Kasten	14,9	13,7	12,7	-8%	-15%
	1,5 l PET EW ohne Kasten	32,8	27,9	26,2	-15%	-20%
Erfrischungs-getränke, karbonisiert	1,25 l PET EW ohne Kasten	31,5	26,8	25,8	-15%	-18%
	0,5 l PET EW ohne Kasten	18,9	16,1	15,1	-15%	-20%
	1,5 l PET EW ohne Kasten	32,0	27,2	25,6	-15%	-20%
Erfrischungs-getränke, still	1,0 l PET EW ohne Kasten	29,9	25,4	23,9	-15%	-20%
	0,75 l PET EW ohne Kasten	23,3	20,7	19,8	-11%	-15%

Getränke- segment	Verpackungssystem	Materialeinsatz in Gramm				
		Basisdaten	2030	2045	Änd. 2020 bis 2030 in %	Änd. 2020 bis 2045 in %
	0,5 l PET EW ohne Kasten	18,0	15,3	14,4	-15%	-20%

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

#### 4.2.5.3.4 Einweg-Kunststoffflaschen aus nicht-fossilem PET

Nach Aussagen der befragten Expertinnen und Experten weist PET, das zum Teil aus nachwachsenden Rohstoffen besteht, die gleichen physikalischen Eigenschaften wie PET aus fossilen Quellen auf. Die Befragten sehen daher beim Einsatz von PET aus nachwachsenden Rohstoffen keinen Einfluss auf das Flaschengewicht.

#### 4.2.5.3.5 Getränkendosen aus Aluminium

Im Ergebnis gehen wir von einer Materialreduktion um 2 % bis 2030 und um 3 % bis 2045 aus.

Für die Dosenindustrie stellt die Gewichtsoptimierung einen wichtigen Beitrag zu den Ressourceneffizienzzzielen für 2030.

Neben der Materialreduzierung wird ein Optimierungspotential in der Materialsubstitution von der Beschichtung aus Epoxid-Kunststoff, die meist Bisphenol-A (BPA) enthält, gesehen.

**Tabelle 44: Materialreduktion Getränkendose in den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 im Vergleich zu den Basisdaten**

Getränke- segment	Verpackungssystem	Materialeinsatz in Gramm				
		Basisdaten	2030	2045	Änd. 2020 bis 2030 in %	Änd. 2020 bis 2045 in %
Bier	0,5 l Alu Dose	12,7	12,4	12,3	-2%	-3%
Erfrischungs- getränke, karbonisiert	0,33 l Alu Dose	10,3	10,1	10,0	-2%	-3%
	0,25 l Alu Dose	8,4	8,2	8,1	-2%	-3%

Die Packmittelgewichte beziehen sich nur auf die Körper. Die Deckel der Getränkendosen sind hier nicht ausgewiesen.

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

#### 4.2.5.3.6 Getränkekarton

Ein veränderter Rohstoffeinsatz ist zu erwarten. Die Branche hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2030 in ganz Europa nur noch Verpackungen einzusetzen, bei denen auch Beschichtungen, Barrieren und Verschlüsse aus nachwachsenden und/oder recycelten Rohstoffen hergestellt werden (Expertenbefragung 10/2021). Demnach wird Aluminium im Getränkekartonverbund im Optimierungsszenario eine untergeordnete Rolle spielen.

Die Auswirkungen des Einsatzes von Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen oder Rezyklaten sind je nach Material sehr unterschiedlich:

- Der Einsatz von Altfasern im Karton führt zu einem höheren Flächengewicht. Bis 2030 ist jedoch nicht davon auszugehen, dass Altfasern eingesetzt werden (Vgl. Kapitel 1.7).

- Der Einsatz von Kunststofffrezyklen führt nicht zu einem höheren Einsatzgewicht.
- Als Barrièreschichten kommen pflanzenbasierte Polymere bereits heute zum Einsatz. Nach Industrieangaben gibt es keine signifikanten Unterschiede in den Einsatzgewichten der erdölbasierten Kunststoffbeschichtungen und der Beschichtungen aus nachwachsenden Rohstoffen. Bereits im Optimierungsszenario 2030 gehen wir davon aus, dass in den Barrièreschichten Biopolymere eingesetzt werden und auf erdölbasierte Kunststoffbeschichtungen verzichtet wird.
- Für das Aluminium in Getränkekartonverpackungen steht weder der Rezyklateinsatz noch eine Alternative aus nachwachsenden Rohstoffen zur Verfügung. Daher ist davon auszugehen, dass in Getränkekartons bereits 2030 keine Aluminiumbarrieren eingesetzt werden. Der Verzicht auf die Aluminiumbarriere wird durch eine zusätzliche Kunststoffbarriere kompensiert. Dadurch steigt der Kunststoffanteil im Getränkekarton. Je nach Füllgut kann der höhere Kunststoffeinsatz zu einem höheren Packmittelgewicht des Getränkekartons führen.

In den Optimierungsszenarien sind zwei gegenläufige Effekte auf das Verpackungsgewicht zu berücksichtigen:

- Eine Abnahme der Wandstärken führt zu einer Gewichtsreduktion
- Eine Zunahme der Kunststoffbarriere als Folge des Verzichts auf die Aluminiumbarriere kompensiert einen Teil der Gewichtsreduktion.

Der Verzicht auf die Aluminiumbarriere kann zu einer verkürzten Haltbarkeit der Produkte führen.

Im Ergebnis nehmen wir für den Getränkekarton einen Rückgang des Materialeinsatzes um 1,5 % bis 2030 und um 3 % bis 2045 an (siehe folgende Tabelle).

**Tabelle 45: Materialreduktion Getränkekarton in den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 im Vergleich zu den Basisdaten**

Getränke- segment	Verpackungssystem	Materialeinsatz in Gramm				
		Basisdaten	2030	2045	Änd. 2020 bis 2030 in %	Änd. 2020 bis 2045 in %
Erfrischungs- getränke, still	1,0 l GKV	28,5	28,1	27,6	-2%	-3%

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

#### **4.2.5.3.7 Zusammenfassung der Ergebnisse für die Basisdaten und für die Optimierungsszenarien - Primärverpackungen**

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse zur Optimierung des Materialeinsatzes bei den Hauptpackmitteln zusammen, die in den vorangegangenen Kapiteln ausgeführt wurden, zusammen und stellt diese dem Materialeinsatz im Basisdaten-Szenario gegenüber. Sowohl in den Basisdaten als auch in den Optimierungsszenarien werden zum Teil unterschiedliche Durchschnittsgewichte für gleiche Verpackungssysteme verschiedener Getränkesegmente ausgewiesen (vgl. zum Beispiel Bier Glas MW Pool u. Ind. 0,5 l und Erfrischungsgetränke, karbonisiert 0,5 l Glas MW Pool u. Ind.). Im Untersuchungszeitraum bis 2045 werden sowohl die bisherigen als auch die gewichtsoptimierten Flaschen eingesetzt.

Mögliche Materialreduzierungen der Getränkeflaschen hängen von folgenden Faktoren ab:

- ▶ Getränkeart (karbonisierte Getränke / nicht karbonisierte Getränke)
- ▶ Flaschendesign
- ▶ Angestrebte Nutzungshäufigkeit der Mehrwegflasche
- ▶ Marktanteile bestimmter Flaschentypen

**Tabelle 46: Zusammenfassung des Materialeinsatzes der Hauptpackmittel in Gramm im Basisdaten- und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045**

Getränke- segment	Verpackungssystem	Materialeinsatz in Gramm				
		Basisdaten	2030	2045	Änd. 2020 bis 2030 in %	Änd. 2020 bis 2045 in %
Bier	0,5 l PET EW ohne Kasten	22,2	21,1	20,4	-5%	-8%
	0,5 l Alu Dose	12,7	12,4	12,3	-2%	-3%
	0,5 l Glas MW Pool u. Ind.	357,7	336,2	321,9	-6%	-10%
	0,33 l Glas MW Pool. und. Ind.	280,6	263,8	252,5	-6%	-10%
Wässer, karbonisiert	1,5 l PET EW ohne Kasten	28,6	27,2	25,7	-5%	-10%
	1,0 l PET EW mit Kasten	26,5	25,2	23,8	-5%	-10%
	0,5 l PET EW ohne Kasten	16,1	15,3	14,2	-5%	-12%
	1,0 l PET MW Pool u. Ind.	61,2	56,9	54,5	-7%	-11%
	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.	555,3	522,0	499,8	-6%	-10%
Wässer, still	0,7 l Glas MW Pool	550,0	517,0	495,0	-6%	-10%
	1,5 l PET EW mit Kasten	31,6	26,9	25,3	-15%	-20%
	1,5 l PET EW ohne Kasten	27,7	25,8	24,1	-7%	-13%
	1,0 l PET EW mit Kasten	25,9	24,6	23,3	-5%	-10%
	0,5 l PET EW ohne Kasten	14,9	13,7	12,7	-8%	-15%
Erfrischungs- getränke, karbonisiert	1,0 l PET MW Pool	62,0	57,0	54,6	-8%	-12%
	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.	559,3	522,0	499,8	-7%	-11%
	1,5 l PET EW ohne Kasten	32,8	27,9	26,2	-15%	-20%
	1,25 l PET EW ohne Kasten	31,5	26,8	25,8	-15%	-18%
	0,5 l PET EW ohne Kasten	18,9	16,1	15,1	-15%	-20%
	0,33 l Alu Dose	10,3	10,1	10,0	-2%	-3%
	0,25 l Alu Dose	8,4	8,2	8,1	-2%	-3%
	1,0 l PET MW Ind.	69,0	62,1	58,7	-10%	-15%
	0,5 l Glas MW Ind.	459,0	413,1	390,2	-10%	-15%

Getränke- segment	Verpackungssystem	Materialeinsatz in Gramm				
		Basisdaten	2030	2045	Änd. 2020 bis 2030 in %	Änd. 2020 bis 2045 in %
Erfrischungs- getränke, still	0,33 l Glas MW Ind.	310,0	279,0	263,5	-10%	-15%
	1,0 l GKV	28,5	28,1	27,6	-2%	-3%
	1,5 l PET EW ohne Kasten	32,0	27,2	25,6	-15%	-20%
	1,0 l PET EW ohne Kasten	29,9	25,4	23,9	-15%	-20%
	0,75 l PET EW ohne Kasten	23,3	20,7	19,8	-11%	-15%
	0,5 l PET EW ohne Kasten	18,0	15,3	14,4	-15%	-20%

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

### Aggregation der Ergebnisse

Die detaillierten Ergebnisse auf der Ebene der verschiedenen Getränkesegmente werden in einem weiteren Schritt zu den 24 Verpackungssystemen aggregiert.

#### 4.2.5.3.8 Verschlüsse

##### 4.2.5.3.8.1 Anrollverschlüsse

Die Optimierungspotentiale für Anrollverschlüsse aus Aluminium fallen moderat aus. Bis 2030 sind Materialreduktionen um rund 2 % realistisch, bis 2045 kann sich der Materialeinsatz um 4 % verringern.

Vor dem Hintergrund der höheren Treibhausgasemissionen bei der Erzeugung von Anrollverschlüssen gegenüber Kunststoffverschlüssen könnten die Unternehmen aus Umweltgesichtspunkten einen Verschlusswechsel vornehmen (Expertenbefragung 10/2021).

##### 4.2.5.3.8.2 Tethered Caps

Tethered Caps sind Verschlusskappen, die nach dem Öffnen und während der Verwendung mit der Getränkeverpackung verbunden bleiben. 2024 tritt Art. 6 der EU-Richtlinie 2019/904 Single Use Plastics (SUP) in Kraft, die besagt, dass Kunststoffverschlüsse an Einweg-Getränkeverpackungen mit einem Volumen von bis zu drei Litern fest mit dem Hauptpackmittel verbunden sein müssen.

Im Rahmen der Datenabfrage wurden bei ausgewählten Marktteilnehmerinnen und Marktteilnehmern befragt, inwieweit die neuen Vorgaben der EU-Richtlinie einen Einfluss auf das Materialgewicht der Getränkeflaschen und -verschlüsse haben werden.

### Expertenmeinungen zu den möglichen Auswirkungen der Tethered Caps

Folgende ausgewählte Zitate von Marktteilnehmern sind dokumentiert (Expertenbefragung 10/2021):

- ▶ „Der zunächst höhere Materialaufwand wird durch Optimierungen an den Verschlussystemen teilweise wieder überkompensiert.“
- ▶ „Das Gewicht der Verschlüsse wird sich in geringem Maße erhöhen.“

- ▶ „Verknüpft mit einer Anpassung der Flaschenmündung kann jedoch auch im günstigsten Fall eine Reduzierung des Flaschengewichts einhergehen, sodass am Ende sogar eine Reduzierung des Gebindegewichts resultiert.“
- ▶ „Es bleibt abzuwarten, ob eine entsprechende Gestaltung der Verschlüsse unweigerlich zu einem höheren Materialaufwand führen wird. Unstreitig wird die Umstellung zu Kostenaufwand für die (Produktions-)Umstellung führen. Angesichts inzwischen in anderen Märkten bereits etablierter Lösungen ist es allerdings auch vorstellbar, dass Alternativen ohne ein erhöhtes Einsatzgewicht oder vielleicht auch mit weniger Materialbedarf etabliert werden können. Dies hängt aber zum einen von den weiteren EU-rechtlich rückgebundenen Vorgaben zur praktischen Umsetzung (Mindestanforderungen Festigkeit etc.), zum anderen von den konkreten Entscheidungen der einzelnen Unternehmen bei der Umsetzung ab“.

Um die Auswirkungen des Einsatzes von Tethered Caps zu beziffern, muss zwischen den Auswirkungen auf das Verschlussgewicht und den Auswirkungen auf das Flaschengewicht differenziert werden.

- ▶ Das Einsatzgewicht der Verschlüsse wird sich im Mittel leicht erhöhen. Einzelne Verschlussarten sind jedoch auch leichter als die bisher eingesetzten Verschlüsse.
- ▶ Den Umstieg auf Tethered Caps werden einige Abfüller in Einweg-PET-Flaschen mit dem Umstieg auf Kurzgewinde verbinden. Der Umstieg auf Kurzgewinde ist folglich mit einer Materialreduktion verbunden.

Mittelfristig wird davon ausgegangen, dass das Gewicht von Kunststoffverschlüsse auf Einweg-PET-Getränkeflaschen aufgrund der neuen EU-Richtlinie um ca. 8 % zunehmen wird. Bis 2045 wird davon ausgegangen, dass auf Grund des technologischen Fortschrittes Materialoptimierungen von rund 5 % gegenüber dem Basisjahr möglich sein werden. Bei Verschlüssen auf Getränkekartonverpackungen wird eine leichte Abnahme des Verschlussgewichts erwartet.

- ▶ Die Zunahme des Verschlussgewichts wird durch die Reduzierung des Einsatzgewichts der Kunststoffflaschen kompensiert oder übertrroffen.
- ▶ Für Getränkekartonverpackungen ist im Zuge der Umstellung auf Tethered Caps nicht von der Reduzierung des Einsatzgewichts des Hauptpackmittels auszugehen.

#### **4.2.5.3.8.3 Weißblechverschlüsse**

Nach den Befragungsergebnissen von Branchenteilnehmerinnen und -teilnehmern wird der Stahlanteil der Kronkorken (ohne Compound) bis 2030 um ca. 16 % und bis 2045 um ca. 24 % abnehmen.

Die Auftragnehmer folgen der Einschätzung, dass das Optimierungspotential relativ hoch ist, und gehen von folgenden Materialreduktionen aus:

- ▶ bis 2030 um ca. 15 %
- ▶ bis 2045 um ca. 20 %

#### **4.2.5.3.9 Etiketten**

Etiketten von Getränkeverpackungen sind u.a. wichtige Träger von rechtlich vorgeschriebenen Informationen. Die Kennzeichnung von Lebensmitteln werden durch die Lebensmittel-

Informationsverordnung (LMIV) geregelt. Durch die festgelegten Vorgaben ergeben sich Anforderungen an die Etiketten, beispielsweise in Bezug:

- ▶ auf die Größe,
- ▶ die Konsistenz und
- ▶ die Lesbarkeit der gedruckten Information.

Die Befragten waren sich einig, dass bei möglichen Materialeinsparungen die Funktionalität der Etiketten im Sinne des Schutzes der Verbraucher und Verbraucherinnen gewahrt werden muss.

#### **Optimierungspotentialen im Hinblick auf die Materialreduzierung bei Etiketten**

Folgende Äußerungen sind dokumentiert (Expertenbefragung 10/2021):

- ▶ Zum einen wurde geäußert, dass neue Technologien dünnere Wandstärken der Materialien zulassen. Bei Kunststoffetiketten sei mittelfristig eine Materialeinsparung von maximal 10 % möglich.
- ▶ Zum anderen wurde kein Einsparungspotential bei Etiketten gesehen, wohl aber eine Verbesserung im Hinblick auf die Recyclingfähigkeit und den Rezyklateinsatz.

Insgesamt sahen die Befragten ein geringes Optimierungspotential im Einsatzgewicht. Ein größeres Optimierungspotential wurde hingegen bei der Recyclingfähigkeit und der Nutzung von recyceltem Material gesehen (vgl. Kapitel 4.2.7 „Rezyklateinsatz“).

Im Ergebnis ist bei Papieretiketten ein geringeres Optimierungspotential zu erwarten als bei Kunststoffetiketten. Die folgenden Materialreduzierungen werden angenommen:

- ▶ Papieretiketten: bis 2030: -2 %; bis 2045: -3 %
- ▶ Kunststoffetiketten: bis 2030: -8 %; -10 %

Bei Kunststoffetiketten ist nicht nur die Reduzierung der Flächengewichte zu erwarten, sondern auch die Abnahme der Fläche von Sleeveetiketten.

#### **4.2.5.3.10 Sammel- und Transportverpackungen**

##### **4.2.5.3.10.1 Multipacks**

Multipacks sind Sammelverpackungen, die mehrere Primärverpackungen zu einer weiteren Verkaufseinheit bündeln (z.B. Sixpack Bier, oder Bündelungsfolien bei alkoholfreien Getränken).

Was mögliche Materialeinsparungen an Tragepackungen angeht, haben Sicherheitsaspekte und der Verbraucherschutz Priorität.

Die Substitution von fossiler Kunststofffolie zugunsten von Verpackungen auf Basis nachwachsender Rohstoffe ist realistisch.

Die Bündelungsfolie wird aber auch zunehmend durch Bänder oder andere Konstruktionen ersetzt. Bei der Substitution ist zu bedenken, dass die Transportsicherheit nicht durch die Veränderungen beeinträchtigt werden darf. Andere Packmittel zur Bündelung der Primärverpackungen, bspw. Bänder, gefährden die Transportsicherheit grundsätzlich nicht.

Die größten Optimierungspotentiale wurden im Hinblick auf den Verzicht von Bündelungsfolie gesehen.

#### 4.2.5.3.10.2 Transportverpackungen

Transportverpackungen müssen ein Mindestmaß an Qualitätsanforderungen erfüllen, damit die Ware optimal gelagert und transportiert werden kann.

##### Expertenmeinungen zu möglichen Materialreduzierungen bei Transportverpackungen

Folgende ausgewählte Zitate von Marktteilnehmern sind dokumentiert (Expertenbefragung 10/2021):

- ▶ „Verliert eine Palette durch Materialeinsparungen an Stabilität, können hierdurch weniger Reihen an Gebinden je Palette gesetzt werden. Damit können weniger Gebinde in einem LKW transportiert werden, sodass in diesem Fall der Kraftstoffverbrauch je Palette steigt. Im ‚Worst-case-Szenario‘ kann eine instabile Transportsituation sogar zu Verlusten bei den transportierten Gütern (=Lebensmitteln) führen.“
- ▶ „Optimierungen in Bezug auf Bündelung, Stapelbarkeit und Logistik müssen den logistischen Rahmenbedingungen genügen.“

Die Befragten waren sich einig, dass alle Optimierungen so vorgenommen werden müssen, dass sie keinen negativen Einfluss auf die Stabilität der Palette haben.

Die Optimierungspotentiale beziehen sich weitgehend auf zusätzliche Umhüllungen oder Zwischenlagen auf der Palette, die für die Stabilität von untergeordneter Rolle sind.

Die Auftragnehmer gehen von einer Packmittelreduzierung bei Transportverpackungen bis 2030 von 5 % und bis 2045 von 10 % aus.

#### 4.2.5.3.11 Zusammenfassung der Ergebnisse für die Basisdaten und für die Optimierungsszenarien – Nebenpackmittel und Transportverpackungen

Die nachfolgende Tabelle fasst die Entwicklung des Materialeinsatzes in den Nebenpackmitteln zusammen.

**Tabelle 47: Entwicklung des Materialeinsatzes für Nebenpackmittel und Transportverpackungen in den Optimierungsszenarien 2030 und 2045**

Getränke- segment	Nebenpackmittel	Änderung Materialeinsatz in %	
		Basisdaten bis 2030 in %	Basisdaten bis 2045 in %
Getränke- übergreifend	Anrollverschlüsse	-2%	-4%
	Kunststoffverschlüsse für MW-Flaschen	-2%	-4%
	Weißblechverschlüsse	-15%	-20%
	Kunststoffverschlüsse EW-PET	8%	-5%
	Kunststoffverschlüsse Getränkekarton	-5%	-12%
	Papieretiketten	-2%	-3%
	Kunststoffetiketten	-8%	-10%
	Sammelverpackungen Bündelungsfolie	-10%	-20%

Getränke- segment	Nebenpackmittel	Änderung Materialeinsatz in %	
		Basisdaten bis 2030 in %	Basisdaten bis 2045 in %
	Transportverpackungen	-5%	-10%

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Trotz der angestrebten Materialreduzierungen muss ein optimaler Produktschutz gewährleistet sein.

Bei den Transportverpackungen sind nur solche Optimierungen relevant, die keinen negativen Einfluss auf die Stabilität der Palette haben. Hierbei gilt es zu bedenken, dass mit zunehmendem Automatisierungsgrad in den Zentrallägern und mit zunehmender Logistikhöhe der Läger die Anforderungen in den folgenden Punkten steigen:

- ▶ Stabilität,
- ▶ Barcode-Lesbarkeit,
- ▶ Stapelbarkeit und
- ▶ Förderfähigkeit.

Demzufolge müssen Optimierungen den logistischen Rahmenbedingungen genügen.

## 4.2.6 Umlaufzahlen

### 4.2.6.1 Definitionen

#### Definition Umlaufzahl

Die Definition der Umlaufzahl in den Mindestanforderungen liegt auch diesem Vorhaben zugrunde: „Die Umlaufzahl ist definiert als die durchschnittliche Zahl der Nutzungsphasen eines Mehrwegpackmittels. Sie bezieht sich jeweils auf ein bestimmtes Mehrwegpackmittel eines Verpackungssystems“ (Detzel et al. 2016, S.248).

#### Zahlreiche Einflussfaktoren beeinflussen die Umlaufzahl eines Mehrwegpackmittels

Umlaufzahlen sind von zahlreichen Einflussfaktoren abhängig:

- ▶ Allgemeine Verbrauchsentwicklung
- ▶ Anteil Mehrwegverpackungen am Gesamtverbrauch
- ▶ Gebindevielfalt innerhalb des Mehrwegsegmentes
- ▶ Marktanteile der Vertriebskanäle
- ▶ Transportentfernungen
- ▶ Verbraucherverhalten

Für die Ermittlung von Umlaufzahlen gibt es verschiedene Ansätze. In Abhängigkeit von den Rahmenparametern können die Umlaufzahlen für die jeweiligen Mehrwegverpackungen abweichen. Hierbei können zahlreiche Einflüsse wie Distributionsräume, Absatzveränderungen, Lagerhaltung, Probleme der Datenverfügbarkeit oder sonstige Sondereffekte dazu führen, dass es nicht möglich ist, die Umlaufzahl genau zu ermitteln.

#### Unterschiedliche Mehrwegsysteme

Für die Ermittlung der Umlaufzahlen gilt es drei unterschiedliche Kreislaufsysteme zu unterscheiden:

- ▶ Ein „geschlossener Pool“ ist durch eine übergeordnete Pool-Organisation gekennzeichnet. Ein geschlossener Pool ist ein Kreislaufsystem von Mehrweggebinden, an dem mehrere Abfüller beteiligt sind. Die Pool-Organisation steuert den Bestand und die Zukäufe und verteilt die Gebinde innerhalb des Pools.
- ▶ Eine „offener Pool“ hat keine übergeordnete Pool-Organisation. Ein offener Pool ist ein Kreislaufsystem von Mehrweggebinden, an dem mehrere Abfüller beteiligt sind. Einzelne Unternehmen steuern die Zukäufe der Mehrweggebinde im Sinne einer dezentralen Bestandsführung.
- ▶ Mehrweg-Individualflaschen sind Gebinde in einem Kreislaufsystem, an dem nur ein Abfüller beteiligt ist. Individualflaschen (z.B. Reliefflaschen) werden nur von einem Hersteller befüllt.

#### Die Umlaufzahl als Erwartungswert

Die tatsächliche Umlaufzahl einer Mehrwegverpackung kann erst dann bestimmt werden, wenn das Mehrweg-Packmittel nicht mehr genutzt wird. Ökobilanzen untersuchen jedoch am Markt eingesetzte Verpackungssysteme. Die Umlaufzahl muss daher als Erwartungswert angesetzt werden.

„Die empirisch ermittelte Umlaufzahl ist ein Erwartungswert, da der reale Wert nicht aktuell bestimmbar ist“ (Detzel et al. 2016, S. 249).

### Definition Flaschenkreislauf

Der Flaschenkreislauf von Mehrwegflaschen durchläuft drei Stationen:

- ▶ Abfüller: Der Abfüllbetrieb markiert den Beginn und das Ende des Flaschenkreislaufs – neue Flaschen werden dem Kreislauf zugeführt, oder minderwertige Flaschen aus dem Kreislauf entfernt.
- ▶ Handel: Der Handel übernimmt die Distribution der Füllgüter und die Redistribution der entleerten MW-Gebinde. Zwischen den einzelnen Abfüllbetrieben kann es jedoch auch zum Flaschentausch kommen, wenn die Flaschen in der Redistribution falsch zugeordnet wurden.
- ▶ Endverbraucher: In privaten Haushalten oder in der Gastronomie werden Getränkeverpackungen entleert und danach wieder an den Handel zurückgeführt.

Im Rahmen der Analyse wird zwischen einem internen Teil des Kreislaufs (Abfüller) und einem externen Teil (Handel/Verbraucher) unterschieden.

Der Flaschenkreislauf wird im internen Kreislauf durch folgende Parameter bestimmt (vgl. GVM 1995):

- ▶ Zukauf an neuen Flaschen
- ▶ Abfüllung
- ▶ Absatz an gefüllten Flaschen
- ▶ Rücklauf an gebrauchten Flaschen
- ▶ Aussortierung
- ▶ Vollgutbestand
- ▶ Leergutbestand

### Interne Verluste im Flaschenkreislauf

Unter internen Verlusten werden die Getränkeflaschen verstanden, die vom Abfüllbetrieb aus dem Flaschenkreislauf ausgesondert werden und nicht wieder zur Abfüllung eingesetzt werden. Die internen Verluste sind bestimmbar, wenn die ausgesonderten Flaschen (oder der Flaschenbruch) statistisch erfasst werden.

Im externen Kreislauf zwischen Handel und Endverbrauchern müssen folgende Parameter unterschieden werden:

- ▶ Verluste in privaten Haushalten oder in der Gastronomie
- ▶ Verluste von Vollgut oder Leergut im Handel

### Externe Verluste im Flaschenkreislauf

Unter externen Verlusten werden Flaschenverluste verstanden, die nicht beim Abfüller entstehen. Die Flaschen gehen dem Flaschenkreislauf verloren und können nicht mehr gefüllt werden. Über diese Verluste sind im Allgemeinen keine Informationen verfügbar.

#### 4.2.6.2 Vorgehensweise

##### 4.2.6.2.1 Ermittlung der Umlaufzahlen von Getränkeflaschen

###### Produktionsrechnung

Für die Berechnung von Umlaufzahlen gibt es keine verbindliche Methode. Für die Abbildung von theoretischen Umlaufzahlen wird die Produktionsrechnung eingesetzt. Danach werden die Füllungen in Relation zu den Flaschenzukaufen der gleichen Periode gebracht (vgl. GVM 1995).

Formel Produktionsrechnung:

$$\text{Umlaufzahl} = \text{Abfüllung einer Periode} / \text{Zukäufe einer Periode}$$

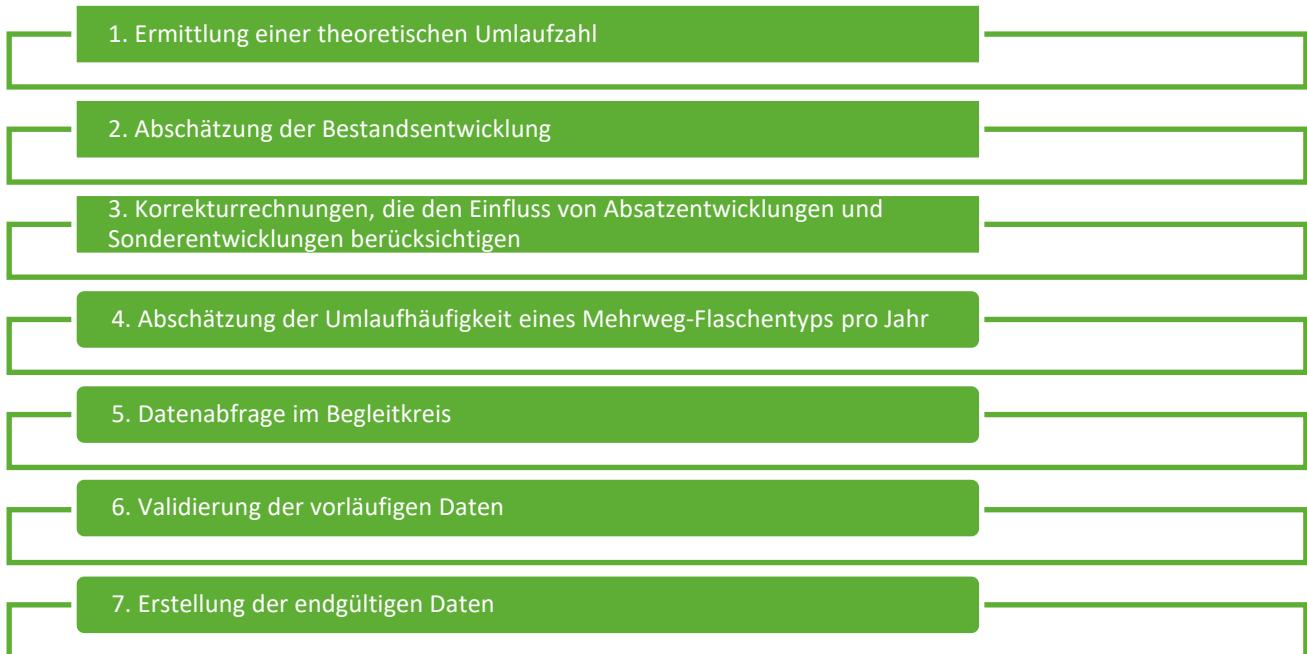
Gemäß der oben aufgeführten Produktionsrechnung werden die Zukäufe einer Periode den Verlusten des Flaschensystems gleichgestellt. Diese Annahme ist nur bei idealtypischen und etablierten Systemen anwendbar. In der Realität ist es allerdings so, dass die Verluste des Flaschensystems von der Höhe der Abfüllungen in den Vorperioden abhängig sind, während die Zukäufe von der Einschätzung künftiger Absatzentwicklungen beeinflusst werden.

Da sich die Märkte in der Realität nicht idealtypisch entwickeln, muss die Produktionsrechnung korrigiert werden. Auf der Ebene des Gesamtsystems werden die absatzbedingten Bestandsänderungen zusätzlich berücksichtigt.

Formel korrigierte Produktionsrechnung:

$$\text{Umlaufzahl} = \text{Abfüllung einer Periode} / (\text{Zukäufe einer Periode} - \text{Bestandsänderung zur Vorperiode})$$

Im Ergebnis werden die Umlaufzahlen für die ausgewählten Mehrwegflaschen ermittelt. Auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Daten wurde folgende Vorgehensweise für die Basisdaten gewählt:

**Abbildung 65: Vorgehensweise Ermittlung der Umlaufzahl der Basisdaten**

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

### **Validierung der Umlaufzahlen**

Die empirisch ermittelten Umlaufzahlen basieren auf langjährigen Marktforschungsergebnissen des GVM-Getränkepanels. Die von GVM ermittelten Umlaufzahlen sind aus den erhobenen Marktdaten abgeleitet und basieren auf den Zukäufen der Unternehmen. Validiert wurden diese Daten durch die Begleitkreismitglieder und durch weitere Befragungen einzelner Akteure und Verbände

- ▶ der abfüllenden Industrie,
- ▶ der Verpackungsindustrie sowie
- ▶ des Handels.

Eine Validierung der erhobenen Daten ist notwendig, da unterschiedliche Faktoren Einfluss auf die Umlaufzahlen haben:

1. In Abhängigkeit von der Transportentfernung, den Handelsstufen, der Lagerhaltung des Handels und dem Konsumverhalten der Verbraucherinnen und Verbraucher gelangen die Flaschen nach einer unterschiedlichen Umlaufdauer zum Abfüller zurück.
2. Einen weiteren großen Effekt auf die Nutzungsdauer haben Neueinführungen oder Abschaffungen von Flaschentypen.
3. Absatzsteigerungen und -minderungen führen ebenfalls zu Veränderungen der Bestände. So führen beispielsweise Absatzsteigerungen zu einem Anstieg des Flaschenzukaufs.

## Bewertung der Variantenvielfalt und des Flaschentauschs

Verschiedene Aspekte müssen zur Beurteilung der Umlaufzahlen bewertet werden:

- ▶ Veränderung der Marktanteile unterschiedlicher Flaschentypen
- ▶ Anteil von Individualflaschen nach Füllgrößen
- ▶ Anteil der Flaschen, die zwischen den Abfüllern getauscht werden

Die Marktanteile unterschiedlicher Flaschentypen lassen sich auf Basis von Hintergrunddaten ermitteln, die der GVM im Rahmen der Getränkemarktforschung zur Verfügung stehen.

2019 hat die GVM eine Studie zu den Anteilen der Individualflaschen nach Getränkesegmenten erstellt. Für das Bezugsjahr 2020 wurden die Daten für die Getränkesegmente Wässer und Erfrischungsgetränke geprüft und aktualisiert. Aus den Daten und Informationen, die der Berechnung zugrunde liegen, lässt sich die Größenordnung der Anteile der Individualflaschen ermitteln.

### Anteil der Individual-Flaschen

Der Anteil der Individual-Flaschen am Getränkeverbrauch in Mehrweg-Flaschen betrug 2020:

- ▶ für Wässer 31 %
- ▶ für Erfrischungsgetränke 77 %

### Einfluss der Gebindevielfalt auf die Leergutrückläufe

In den letzten zehn Jahren ist der Anteil der Individualflaschen und -kästen angestiegen. Mit steigender Flaschenvielfalt hat der Sortieraufwand im Handel und bei den Abfüllbetrieben entsprechend zugenommen.

Zudem erhöhen sich Sortieraufwendungen insbesondere bei Mehrweg-Flaschen, die nicht im Kasten verkauft werden, sondern in Mehrstückverpackungen (z.B. Multipacks bei Bier) oder als Einzelflaschen. Die Trennung der Mehrweg-Flasche und der dazugehörigen Mehrweg-Transportverpackung (Mehrweg-Kasten) führt zu einer reduzierten Umlaufzahl. Gründe dafür sind unter anderem:

- ▶ Der Sortieraufwand steigt aufgrund der zunehmenden Kombinationsmöglichkeiten „fremder“ Flaschen in Individualkästen
- ▶ Größerer Sortieraufwand mit steigenden externen Flaschenverlusten
- ▶ Entsorgung von Einzelflaschen über die haushaltsnahe Glassammlung oder den Restmüll

Ein steigender Fremdflaschenanteil beim Abfüller führt zu einer Reduzierung der Anlageneffektivität. Je höher der Fremdflaschenanteil, desto höher die Aufwände für den Umtausch oder im Einzelfall auch für die Entsorgung des Fremdglasses.

### Auswertung und Plausibilitätsprüfung

Im Rahmen der Datenabfrage im Begleitkreis wurden unternehmensspezifische Umlaufzahlen, die Entwicklung der Umlaufzahlen und der Flaschentausch zwischen Unternehmen abgefragt. In Bezug auf die Optimierungspotentiale wurden auch Fragen zur zukünftigen Flaschenvielfalt ergänzt.

Die im Begleitkreis befragten Unternehmen sind nicht repräsentativ für den Gesamtmarkt. Daher können auf Basis der ausgewerteten Unternehmensdaten keine Rückschlüsse auf den

Gesamtmarkt gezogen werden. Die qualitativen und quantitativen Aussagen wurden ausgewertet und bewertet. Sie dienten zur Bewertung und punktuellen Verbesserung der Basisdaten.

Abschließend wurden die ermittelten Umlaufzahlen im Kontext des aktuellen Marktgeschehens interpretiert:

- ▶ Absatztrend des Füllgutes
- ▶ Verschiebungen bei Absatz- und Distributionsstrukturen
- ▶ Neueinführung oder Abschaffung von Mehrwegflaschen

#### **4.2.6.2.2 Ermittlung der Umlaufzahlen von Getränkekästen**

Der Vertrieb von Getränken in Mehrwegkästen ist in Deutschland ein seit Jahrzehnten bestehendes System.

##### **Produktkreisläufe der Flaschenkästen**

Neu-Kästen werden zugekauft

- ▶ zum Ausgleich von Aussonderungen,
- ▶ zum Ausgleich von Absatzsteigerungen und
- ▶ bei Neueinführung von Kastensystemen.

Der Zukauf erfolgt bei etablierten Systemen in der Regel erst, nachdem alle anderen Anpassungsmöglichkeiten ausgeschöpft worden sind. Daher führt nicht jede Steigerung des Absatzes automatisch zu einem Zukauf. Zum Beispiel werden in den Sommermonaten mit einem erhöhtem Getränkeverbrauch nicht automatisch mehr Kästen gekauft. Werden in den Sommermonaten die Kästen für einzelne Abfüller knapp, versuchen die Firmen zunächst, sich verstärkt aus dem externen Kreislauf mit Kästen zu versorgen.

Flaschenkästen werden ausgesondert, wenn

- ▶ ein Systemwechsel stattfindet (spielt v. a. bei Bierkästen eine große Rolle),
- ▶ die Kästen unbrauchbar sind (dazu zählen auch falsch zurückgegebene Kästen, sofern sie wegen des logistischen Aufwands nicht an die Eigentümer zurückgeführt werden), oder
- ▶ in Folge eines Absatrzrückgangs Überbestände entstehen.

Im Falle eines Absatrzrückgangs wird der Bestand aber nicht sofort abgebaut. Zunächst werden die Zukäufe reduziert: Die Bestandsanpassung wird bei einem geringfügigen Absatrzrückgang durch den natürlichen Aussonderungsprozess der gebrauchten Kästen mit reduziertem Zukauf umgesetzt. Selbst wenn der Absatz stark schrumpft, werden die Kästen zunächst auf Grund der Unsicherheit über die künftige Entwicklung gelagert. Der tatsächliche Abbau von Kästenbeständen erfolgt frühestens, wenn sich der negative Absatztrend verfestigt hat und das Leergutlager abgebaut werden muss.

##### **Umlaufzahl als Erwartungswert ausgewählter Mehrweg-Getränkekästen**

Die Umlaufzahl beschreibt die durchschnittliche Nutzung der Flaschenkästen. Sie wird als Durchschnittswert der Umlaufzahl je Getränkeseegment unter Berücksichtigung der jeweiligen Absatzmenge berechnet.

Die Daten repräsentieren den Absatz der Flaschenkästen aller Abfüller. Sie werden nicht direkt bei den Abfüllern erhoben, sondern auf Basis einer Marktanalyse berechnet. Dazu wird auf Daten aus dem GVM-Verpackungspanel zurückgegriffen. Dort wird mittels jährlicher Erhebungen der Absatz von Getränken nach Gebinden und Füllgrößen bestimmt. Die Absatzmengen der Flaschen werden unter Einbeziehung der Füllgröße verschiedenen Kastengrößen zugeordnet und daraus die Absatzmengen der Flaschenkästen bei den Füllgutbetrieben ermittelt.

Die Umlaufzahl berechnet sich zunächst aus der Relation der Kastenfüllungen zu den Kästenzukaufen der gleichen Periode. Diese Rechnung ist eine erste Annäherung und muss, wie oben bei den Umlaufzahlen für Mehrweg-Flaschen bereits ausgeführt, ebenfalls validiert werden.

Die Zukaufsmengen von Flaschenkästen für die Basisdaten wurden fundiert unter Berücksichtigung von Statistiken ausgewählter Poolbetreiber geschätzt. Eine weitere Informationsquelle waren Markteinschätzungen, die die GVM in einer Expertenbefragung eingeholt hat.

Die Flaschenkästen werden vom Abfüllbetrieb ausgesondert. Verluste im externen Kreislauf spielen auf Grund der hohen Stabilität der Kästen und des Pfandes kaum eine Rolle. Die Kästen werden entweder

- ▶ im Abfüllbetrieb mittels einer mobilen Mahlstation geschreddert und das Mahlgut weitervertrieben,
- ▶ in einem Mahlbetrieb geschreddert oder
- ▶ direkt an einen Kastenhersteller zum Recycling geliefert.

#### **4.2.6.3 Ergebnisse**

##### **4.2.6.3.1 Wässer Basisdaten**

Im Wassermarkt sind drei Kreislaufsysteme relevant:

1. Geschlossener Pool
  - GDB-Flaschen (z.B. GDB Grünglas, GDB Weißglas, N1 Weißglas, N2 Weißglas, N3 Weißglas)
2. Offener Mehrweg-Pool mit dezentraler Bestandsführung
  - Sonstige Mehrwegflaschen (z.B. Euro-Flaschen, Longneck-Flaschen, Bügelflaschen etc.)
3. Individualgebinde
  - Individualflaschen (z.B. Reliefflaschen, Flaschen für den Gastronomiebedarf)

Seit 2017 steigt die Mehrwegquote bei Wässern kontinuierlich an (vgl. GVM 2021). Dies führt zu einer starken Steigerung des Zukaufs und könnte ohne Korrekturrechnungen zu einer Unterschätzung der Umlaufzahl führen.

Folgende Umlaufzahlen der Mehrweg-Poolflaschen für karbonisierte Wässer wurden ermittelt:

- ▶ 1,0 l PET MW: 20 (Bandbreite von 15 bis 25 Umläufe)
- ▶ 0,75 l Glas MW: 45 (Bandbreite von 35 bis 50 Umläufe)
- ▶ 0,7 l Glas MW: 45 (Bandbreite von 40-50 Umläufe)

Die ermittelten Umlaufzahlen der Mehrweg-Individualflaschen für karbonisierte Wässer sind:

- 1,0 l PET MW: 15 (Bandbreite von 8 bis 20 Umläufe)
- 0,75 l Glas MW: 30 (Bandbreite von 20 bis 40 Umläufe)

Führende Getränkehersteller füllen die 0,75 l Glas-Mehrwegflasche sowohl für den Gastronomiebedarf als auch für den Getränke- und Lebensmitteleinzelhandel in unterschiedlichen Flaschenformen ab.

Die folgenden beiden Tabellen zeigen die aggregierten Umlaufzahlen für karbonisierte und stille Wässer, die entsprechend der Marktbedeutung für Pool- und Individualflaschen gewichtet sind. Die ausgewiesenen Umlaufzahlen sind hierbei über das Absatzvolumen der eingesetzten Flaschentypen gemittelt worden.

**Tabelle 48: Umlaufzahlen Flaschen und Kästen – Getränkesegment karbonisierte Wässer**

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Getränkesegment karbonisierte Wässer			
			Einweg 1,0 l PET EW mit Kasten	1,0 l PET MW Pool u. Ind.	Mehrweg 0,75 l Glas MW Pool u. Ind.	0,7 l Glas MW Pool
Primärverpackung	Körper	Packstoff	-	PET	Glas	Glas
		Bandbreite	-	8-25	20-50	40-50
		Erwartungswert	-	19	38	45
Umverpackung	Umlaufzahl Kasten	Anzahl Flaschen	12	12	12	12
		Bandbreite	45-100	45-150	45-150	65-150
		Erwartungswert	100	92	89	100

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Tabelle 49: Umlaufzahlen Flaschen und Kästen – Getränkesegment stille Wässer**

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Getränkesegment stille Wässer			
			Einweg 1,5 l PET EW mit Kasten	1,0 l PET EW mit Kasten	Mehrweg 1,0 l PET MW Pool	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.
Primärverpackung	Körper	Packstoff	-	-	PET	Glas
		Bandbreite	-	-	15-25	20-50
		Erwartungswert	-	-	20	35
Umverpackung	Umlaufzahl Kasten	Anzahl Flaschen	6	12	12	12
		Bandbreite	45-100	45-100	65-150	45-150
		Erwartungswert	100	100	100	83

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

### Aufbereitung der Literaturergebnisse nach Mehrwegsystemen

In der Deloitte-Studie liegen die Glas-Poolflaschen im Durchschnitt mit einer Umlaufzahl von 38 über den Umlaufzahlen von 23 für die Glas-Individualflaschen.

Bei der Einzelbetrachtung der wichtigsten Flaschentypen ergibt sich folgendes Bild für die Mehrweg-Poolflaschen (vgl. Deloitte 2013):

- ▶ die GDB-0,75-l Glasflasche hat mit 44 die höchste Umlaufzahl
- ▶ die GDB-0,7-l Glasflasche hat mit 38 eine etwas niedrigere Umlaufzahl
- ▶ die GDB-1-l Kunststoffflasche erreicht 20 Umläufe

Für die Mehrweg-Glas-Individualflasche ist eine Umlaufzahl von 31 ermittelt worden (vgl. Deloitte 2013).

Festzuhalten ist, dass die hier ermittelten Umlaufzahlen der Glas-Poolflaschen in den Basisdaten von den ermittelten Werten in der Deloitte-Studie abweichen.

Das ist vor allem darauf zurückzuführen, dass neue Poolflaschen, die mittlerweile eine große Marktbedeutung haben, beispielsweise die GDB N2-Flaschen (0,75-l-Glasflasche), in der Deloitte-Studie noch nicht berücksichtigt worden sind.

### Getränkekästen

In einem gelenkten Pool können Getränkekästen durchschnittlich 100 Umläufe erreichen.

Die Umlaufzahlen von Individual-Getränkekästen liegen jedoch mit etwa 70 bis 75 Umläufen niedriger. Insgesamt sind die Umlaufzahlen von Getränkekästen auch von der Machart des Kastens abhängig. Einfachere Kästen erreichen höhere Umlaufzahlen. Individualkästen sind im Allgemeinen aufwändiger gestaltet.

Folgende Umlaufzahlen bei karbonisierten Wässern wurden ermittelt:

- ▶ Getränkekästen für 1,0 l EW PET: 100
- ▶ Getränkekästen für 1,0 l MW PET Pool- und Individualflaschen: 92
- ▶ Getränkekästen für 0,75 l MW Glas Pool- und Individualflaschen: 89
- ▶ Getränkekästen für 0,7 l MW Glas Poolflaschen: 100

Folgende Umlaufzahlen wurden für stille Wässer ermittelt:

- ▶ Getränkekästen für 1,5 l EW PET: 100
- ▶ Getränkekästen für 1,0 l EW PET: 100
- ▶ Getränkekästen für 1,0 l MW PET Poolflaschen: 100
- ▶ Getränkekästen für 0,75 l MW Glas Pool- und Individualflaschen: 83

Die Umlaufzahlen der Getränkekästen von karbonisierten und stillen Wässern sind vergleichbar.

#### 4.2.6.3.2 Wässer Optimierungspotentiale

##### Flaschen

Das Optimierungspotential besteht in der Vereinheitlichung von Gebinden. Durch die Reduzierung der Gebindevielfalt wird der Aufwand für die Sammlung, Sortierung und Aufbereitung minimiert.

Darüber hinaus können auch die folgenden Aspekte einen Einfluss auf die Umlaufzahlen haben:

- ▶ Wenn Mehrweg-Flaschen in Kombination mit dem Getränkekasten vertrieben werden, wird der Logistikaufwand minimiert und somit die Umschlaghäufigkeit der Mehrweg-Flaschen erhöht.
- ▶ Aber auch geringere Anforderungen an die Optik der Flaschen können zu höheren Umlaufzahlen führen.

##### Aussagen von Begleitkreisteilnehmern zu optimierten Umlaufzahlen

Folgende Stellungnahmen sind dokumentiert:

- ▶ „(...) Solange das Mehrweggebinde nicht von seiner Transportverpackung (Kasten) getrennt wird und nicht in Mehrstückverpackungen oder sogar als Einzelflaschen verkauft werden, gibt es zwischen Poolgebinden und Individualflaschen-Gebinden keinen Unterschied hinsichtlich Umschlaghäufigkeit, Umlaufzahlen und Transportanforderungen. Die Individual-Problematik ist eine typische „Bierthermatik“ wegen der dort häufig anzutreffenden Mehrwegstückverpackungen und Einzelflaschenverkäufe, wo Mehrweg-Flasche und Transportverpackungen getrennt werden, was im Anschluss zu einem enorm intensiven Leerguttourismus und Sortieraufwendungen führt.“ (12/2021)
- ▶ Geringere Anforderungen an die Optik der Flaschen kann die Aussortierungsrate reduzieren und damit zu höheren Umlaufzahlen sowohl bei PET-Flaschen als auch bei Glasflaschen führen (10/2021).

Die Umlaufzahlen sind weitgehend optimiert. Die Auftragnehmer gehen für die Optimierungsszenarien 2030 und 2045 von folgenden Umlaufzahlen aus:

- ▶ 0,7 Mehrweg-Glasflaschen: Bandbreite 40 bis 52
  - 2030: 48
  - 2045: 50
- ▶ für 0,75 l Mehrweg-Glasflaschen: Bandbreite 30 bis 50
  - 2030: 43
  - 2045: 45
- ▶ für Mehrweg-Kunststoffflaschen: Bandbreite 20 bis 30
  - 2030: 22
  - 2045: 25

## Getränkekästen

Für Getränkekästen wird in den Optimierungsszenarien eine durchschnittliche Umlaufzahl von 100 angenommen.

### 4.2.6.3.3 Erfrischungsgetränke Basisdaten

Bei Erfrischungsgetränken sind drei Mehrwegkreisläufe relevant:

1. Geschlossener Pool
  - GDB-Flaschen
2. Offener Mehrweg-Pool mit dezentraler Bestandsführung
  - Euro-Flaschen
  - Longneck-Flaschen
  - Sonstige Mehrwegflaschen (Bügelflaschen, Vichy etc.)
3. Individualgebinde
  - Individualflaschen (z.B. Reliefflaschen)

Seit 2019 sind die Marktanteile von Mehrweg-Glasflaschen gestiegen. Dennoch ging die Mehrwegquote bis 2020 aufgrund der Absatzverluste bei Mehrweg-Kunststoffflaschen zurück (vgl. GVM 2021).

Folgende Umlaufzahlen wurden für Mehrweg-Poolflaschen für karbonisierte Erfrischungsgetränke ermittelt:

- ▶ 1,0 l PET MW: 16 (Bandbreite von 15 bis 20 Umläufe)

Die Umlaufzahlen der Mehrweg-Individualflaschen wurden wie folgt ermittelt:

- ▶ 0,5 l Glas MW: 15 (Bandbreite von 10 bis 25 Umläufe)
- ▶ 0,33 l Glas MW: 13 (Bandbreite von 10 bis 25 Umläufe)

Die folgende Tabelle zeigt die aggregierten Umlaufzahlen für karbonisierte Erfrischungsgetränke, die entsprechend der Marktbedeutung für Pool- und Individualflaschen gewichtet wurden.

**Tabelle 50: Umlaufzahlen Flaschen und Kästen – Getränkesegment karbonisierte Erfrischungsgetränke**

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Getränkesegment karbonisierte Erfrischungsgetränke		
			Mehrweg		
			1,0 l PET MW Ind.	0,5 l Glas MW Ind.	0,33 l Glas MW Ind.
Primärverpackung	Körper	Packstoff	PET	Glas	Glas
	Umlaufzahl	Bandbreite	15-20	10-25	10-25
		Erwartungswert	16	15	13
Umverpackung	Umlaufzahl Kasten	Anzahl Flaschen	12	20	20
		Bandbreite	45-100	45-100	45-100
		Erwartungswert	75	70	70

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

### Aufbereitung der Literaturergebnisse nach Mehrwegsystemen

In der Deloitte-Studie liegen die Glas-Poolflaschen im Durchschnitt mit einer Umlaufzahl von 38 über den Umlaufzahlen von 23 für die Glas-Individualflaschen. Diese Daten sind sortenübergreifende Werte für Wässer und Erfrischungsgetränke.

Bei der Einzelbetrachtung der wichtigsten Flaschentypen ergibt sich folgendes Bild für die Mehrweg-Individualflaschen für Wässer und Erfrischungsgetränke (vgl. Deloitte 2013):

- ▶ Die 0,5-l Glasflasche hat eine Umlaufzahl von 20
- ▶ Die 0,33-l Glasflasche hat eine Umlaufzahl von 20
- ▶ Die 1,0 l Mehrweg-PET-Individualflasche wurde in der Deloitte-Studie nicht untersucht

Festzuhalten ist, dass die hier ermittelten Umlaufzahlen der Glas-Individualflaschen niedriger liegen als die Werte in der Deloitte-Studie. Das ist vor allem darauf zurückzuführen, dass der Markt mit vielen neuen Getränkesspezialitäten in kleinen Chargen stark angewachsen ist.

### Getränkekästen

Die Umlaufzahlen von Individual-Getränkekästen liegen zwischen 70 und 75 Umläufen.

Folgende Umlaufzahlen wurden für karbonisierte Erfrischungsgetränke ermittelt:

- ▶ 12er 1,0 l PET-Getränkekästen: 75
- ▶ 20er 0,5 l Glas-Getränkekästen: 70
- ▶ 24er 0,33 l Glas-Getränkekästen: 70

#### 4.2.6.3.4 Erfrischungsgetränke Optimierungspotentiale

##### Flaschen

Es besteht ein Optimierungspotential in der Vereinheitlichung von Flaschen. Durch die Reduzierung der Flaschenvielfalt wird der Aufwand für die Sammlung, Sortierung und Aufbereitung minimiert.

Eine Effizienzsteigerung kann durch die Verringerung der Flaschenvielfalt erreicht werden. Aber auch geringere Anforderungen an die Optik der Flaschen können zu höheren Umlaufzahlen führen.

Die Umlaufzahlen sind bereits weitgehend optimiert. Die Auftragnehmenden sehen bis 2030 bzw. bis 2045 folgende Optimierungsszenarien:

► 0,5 l und 0,33 l Mehrweg-Glasflaschen:

- 2030: 25
- 2045: 30

► 1,0 l Mehrweg-Kunststoffflaschen:

- 2030: 18
- 2045: 22

##### Getränkekästen

Was karbonisierte Erfrischungsgetränke angeht, wurden ausschließlich Verpackungssysteme mit Individualflaschen in Getränkekästen betrachtet. GVM nimmt für das Optimierungsszenario 2030 eine durchschnittliche Umlaufzahl von 70 bis 75 und für das Optimierungsszenario 2045 eine durchschnittliche Umlaufzahl von 75 bis 85 an (vgl. Tabelle 52).

#### 4.2.6.3.5 Bier Basisdaten

Im Biermarkt sind zwei Kreislaufsysteme relevant:

1. Offener Mehrweg-Pool

- NRW-Flaschen
- Longneck-Flaschen
- EURO-Flaschen
- Sonstige Mehrwegflaschen (Steinie, Vichy etc.)

2. Individualgebinde

- Individualflaschen (z.B. Reliefflaschen)

Für die Ermittlung der Umlaufzahlen im Getränkesegment Bier ist aus Sicht der Auftragnehmenden die Unterscheidung in Massen- und Nischenflaschen von größerer Bedeutung als die Unterteilung in Pool- und Individualflaschen.

##### Massenflaschen

Massenflaschen werden von vielen Abfüllern eingesetzt (z.B. Longneck-, NRW-, 0,5 l-EURO-Flaschen, ...). Demgegenüber stehen die Nischenflaschen. Neben Individualflaschen, die nur von

einem Abfüller eingesetzt werden, werden hierzu auch Poolflaschen gezählt, die nur von sehr wenigen Abfüllern eingesetzt werden (z.B. Vichy-Flasche, 0,33 l-EURO-Flasche, 0,5 l Steinie-Flasche, ...).

Die zunehmende Flaschenvielfalt führt zu komplexen Tauschvorgängen. So haben Nischenflaschen eine geringere Umlaufzahl als Massenflaschen, weil sie nur von einem Abfüller oder von wenigen Abfüllern genutzt werden. Die Jahresumlaufhäufigkeit ist bei den Nischenflaschen geringer, weil mehr Bestand für die Logistik und Lagerhaltung vorgehalten werden muss.

Die Umlaufzahl ist bei Massenflaschen deutlich höher als bei den Nischenflaschen. Die Umlaufzahl hängt entscheidend von dem Fremdflaschenanteil (Flaschen, die von den Abfüllbetrieben nicht verwendet werden können) ab. Je niedriger der Fremdflaschenanteil ist, desto effizienter können die Mehrweggebinde wieder zurück in den Kreislauf gebracht werden.

Insbesondere bei Bier mit einer hohen Anzahl von Flaschen, die einzeln oder in Mehrstückverpackungen ohne Mehrwegkästen verkauft werden, steigt der Aufwand bei der Rückführung der Flaschen an die jeweiligen Abfüller.

Die folgende Tabelle zeigt die aggregierten Umlaufzahlen, wobei entsprechend der Marktbedeutung der verschiedenen Flaschenformen gewichtet wurde.

**Tabelle 51: Basisdaten Umlaufzahlen Flaschen und Kästen – Getränkesegment Bier**

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Getränkesegment Bier	
			Mehrweg	
			0,5 l Glas MW Pool u. Ind.	0,33 l Glas MW Pool u. Ind.
<b>Primärverpackung</b>	Körper	Packstoff	Glas	Glas
	Umlaufzahl	Bandbreite	10-45	10-45
<b>Umverpackung</b>	Umlaufzahl Kasten	Erwartungswert	31	23
		Anzahl Flaschen	20	24
		Bandbreite	45-150	45-150
		Erwartungswert	77	70

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

#### Aufbereitung der Literaturergebnisse nach Mehrwegsystemen

Die Ergebnisse der Deloitte-Studie zu Umlaufzahlen und Distributionsentfernungen beziehen sich auf die Jahre 2012 und 2013 (vgl. Deloitte 2013). Die Studie ist die letzte, in der für die in diesem Vorhaben untersuchten Getränkesegmente in großem Umfang Daten erhoben und ausgewertet wurden.

In der Deloitte-Studie liegen die Poolflaschen im Durchschnitt bei einer Umlaufzahl von 36 mit einer Bandbreite von 25 bis 61 Umläufen. Für Individualflaschen wurde eine durchschnittliche Umlaufzahl von 23 ermittelt. Bei der Einzelbetrachtung der drei wichtigsten Poolflaschen ergibt sich folgendes Bild (vgl. Deloitte 2013):

- ▶ Die NRW-Flasche 0,5 l hat im Durchschnitt eine Umlaufzahl von 42
- ▶ Die Longneck-Flasche:
  - 0,5 l hat im Durchschnitt eine Umlaufzahl von 33
  - 0,33 l hat im Durchschnitt eine Umlaufzahl von 27
- ▶ Die Euroflasche 0,5 l hat im Durchschnitt eine Umlaufzahl von 49

Festzuhalten ist, dass die hier ermittelten Umlaufzahlen niedriger sind als die, die in der Deloitte-Studie ausgewiesen sind.

Hierfür sind vor allem zwei Gründe zu nennen:

- ▶ In den letzten zehn Jahren ist der Anteil der Individualflaschen stark angestiegen
- ▶ Innerhalb des Poolsystems haben sich die Marktanteile der Flaschentypen verändert:
  - Rückgang der Marktanteile der NRW-Flaschen
  - Bedeutungszuwachs der Longneck-Flaschen, insbesondere der kleineren 0,33 l-Größe
  - Bedeutungszuwachs der EURO-Flaschen

### Getränkekästen

Getränkekästen können unter optimalen Bedingungen in einem Zeitraum von 15 bis 20 Jahren 100 Umläufe erreichen.

Die Umlaufzahlen von Getränkekästen sind auch von der Machart des Kastens abhängig. Solche Kästen, die durch „Inmould-Labeling“ z.B. in Hinblick auf Farbe oder Relief aufwändig gestaltet sind, werden bereits früher ausgetauscht. Je aufwändiger ein Getränkekasten gestaltet ist, desto anfälliger ist der Kasten für Verschleißspuren.

Den Ergebnissen liegen die folgenden gemittelten Umlaufzahlen zugrunde:

- ▶ Getränkekästen für 0,5 l Mehrwegflaschen: 86
- ▶ Getränkekästen für 0,33 l Mehrwegflaschen: 82

### Aussagen von Begleitkreisteilnehmern zu den Umlaufzahlen von Getränkekästen

Folgende ausgewählte Zitate von Marktteilnehmern sind dokumentiert (Expertenbefragung 10/2021):

- ▶ „Prinzipiell sind Kästen nahezu unverwüstlich und können 20 und mehr Jahre im Einsatz sein. Die in der Branche kalkulierten Umlaufzahlen liegen zwischen 100 und 200. Dies ist unter anderem auch abhängig von der Größe einer Brauerei und den Distributionsentfernnungen und damit der Rücklaufdauer.“
- ▶ „Bei Standardsorten wie z.B. Pilsbier werden durchschnittliche jährliche Umlaufzahlen von 8, bei Randsorten von 4 erzielt. Auf die Lebensdauer eines Getränkekastens gerechnet ergeben sich somit Umlaufzahlen von durchschnittlich 100 bis 120, zum Teil sogar darüber hinaus.“
- ▶ „Es werden ca. 45 Umläufe je Getränkekasten erreicht. Größere Belastungen erfährt der Getränkekasten auf den Bandanlagen und der Kasten-Waschmaschine der Abfülllinien. Optimierungen an den Abfülllinien für weniger Staudruck und schonendem Waschgang

könnten Potentiale sein. Darüber hinaus dürfte die vielfach noch praktizierte Hand-Sortierung eine Belastung für den Kasten darstellen. Maschinelle Sortierungen dürften Abhilfe schaffen, allerdings sahen sich diese zuletzt einer immer größer werdenden Flaschen- und Kastenvielfalt ausgesetzt.“

Einige Aussagen von Marktakteuren orientieren sich am besten anzunehmenden Fall und können daher nicht verallgemeinert werden.

#### 4.2.6.3.6 Bier: Optimierungspotentiale

##### Nicht-kastengestützte Rückgabe von Mehrwegflaschen

Ein Problem bei der Flaschenrückführung sind insbesondere Einzelflaschen, die nicht kastengestützt in der Verkaufsstelle zurückgegeben werden.

Die sortenreine Rückführung des Leerguts erleichtert die Sammlung, Sortierung und Aufbereitung der Mehrwegflaschen. Auch eine stärkere Vereinheitlichung der eingesetzten Gebinde kann die Komplexität verringern und damit verbunden die Umlaufzahlen erhöhen.

##### Einfluss von neuen Poolgesellschaften im Biermarkt

Mit der Gründung der zwei neuen Poolgesellschaften MPB (Mehrwegpool der Brauwirtschaft eG) und GeMeMa (Gesellschaft für Mehrweg-Management mbH & Co.KG) wird voraussichtlich der Anteil der Poolflaschen wieder ansteigen. Der Umstieg auf die Poolgebinde der beiden genannten Organisationen wird jedoch mehrere Jahre in Anspruch nehmen.

Marktexperten in der Brauwirtschaft gehen davon aus, dass durch eine steigende Teilnahme von Brauereien an den Mehrwegpools MPB und GeMeMa der Anteil an Massenflaschen steigen wird.

##### Aussagen von Begleitkreisteilnehmern zum Einfluss der neuen Poolgesellschaften

Folgende ausgewählte Zitate von Marktteilnehmern sind dokumentiert:

- ▶ „Da bislang keine „Spielregeln“ für die Ein- bzw. Ausschleusung definiert wurden, lässt sich hierüber keine Aussage treffen. Zu erwarten wäre, dass die Umlaufzahlen zu Beginn etwas zurückgehen, um die bestehenden Pools etwas zu bereinigen. Inwieweit dies geschehen könnte, hängt jedoch von der Investitionsbereitschaft der Poolteilnehmer ab“ (Expertenbefragung 10/2021).
- ▶ „Auf jeden Fall ist zu erwarten, dass sich der Anteil an Individualmehrwegflaschen künftig deutlich reduzieren dürfte und mehr Standard-Poolflaschen im Umlauf sein werden, was die Umlaufhäufigkeit prinzipiell erhöhen sollte“ (Expertenbefragung 10/2021).
- ▶ „Initiativen wie der Zusammenschluss mehrerer Marktteilnehmer verstärken den Anreiz zur Teilnahme am Poolsystem, verbindliche Quoten stabilisieren den Flaschenpool und machen die Verwendung einer Poolflasche attraktiver. Es stellt sich jedoch die Frage, was mit den bestehenden Flaschen passiert. Ein einheitlicherer Flaschenpool im Markt reduziert die Komplexität und damit die Sortieraufwände. Der Gesamtortierprozess wird sich verkürzen, die Sortierung mit einer geringeren Flaschenvielfalt wird effizienter [...]. Die einzelne Poolflasche dürfte somit zwischen den Abfüllvorgängen weniger Handling und damit weniger Belastung erfahren. In der Konsequenz ist von einer steigenden Umlaufzahl auszugehen“ (Expertenbefragung 11/2021).

Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung haben die beiden Pool-Organisationen bzw. die dafür zuständigen Ausschüsse noch keine Festlegungen zu den allgemeinen Standards erarbeitet bzw. veröffentlicht. Sofern der Fokus der Pool-Organisationen auf der Optimierung der Poolqualität liegt, kann die Umlaufzahl in den Optimierungsszenarien grundsätzlich auch niedriger liegen als in den Basisdaten. Nach Gesprächen mit Branchenakteuren ist davon jedoch nicht auszugehen.

### **Reduzierung des Flaschengewichts**

Die Umlaufzahl und das Flaschengewicht stehen immer im Zusammenhang. Auf die Möglichkeit, eine ökologische Optimierung zu erreichen, indem das Flaschengewicht stark reduziert wird und im Gegenzug die Umlaufzahlen begrenzt werden, wurde im Kapitel 4.2.5.3 „Materialeinsatz bei den Optimierungsszenarien“ eingegangen.

Was die Poolflaschen angeht, ist eine solche Entwicklung für das Optimierungsszenario 2030 nicht abzusehen. Ein hemmender Faktor ist die Umstellungsdauer in den Mehrwegpools, da alle Akteure für einen Zeitraum mehrerer Jahre sowohl mit den gewichtsoptimierten Flaschen als auch den herkömmlichen Poolflaschen arbeiten müssen.

Für Individualflaschen hingegen ist eine solche Umstellung generell schneller durchzuführen, da nur ein Abfüller beteiligt ist.

Aufgrund fehlender Anhaltspunkte für solche Umstellungen nehmen wir nicht an, dass eine stärkere Reduzierung der Flaschengewichte mit sinkenden Umlaufzahlen einhergehen wird.

### **Optimierung von Flaschenkreisläufen**

In erster Linie können die Flaschenkreisläufe durch Standardisierung optimiert werden. Das bezieht sich nicht nur auf die Vereinheitlichung der Flaschenfarben, -maße und -gewichte, sondern auch auf die Digitalisierung der Artikel- und (Leergut-) Stammdaten.

Durch die reduzierte Vielfalt in Verbindung mit weniger Individualgebinden können die externen Verluste reduziert werden. Die bereits laufende technische Weiterentwicklung von Abfülltechnik und Flaschenmaterial führt darüber hinaus zu höheren Umlaufzahlen im Einsatz der Flaschen.

#### **Aussagen von Begleitkreisteilnehmern zu den Optimierungen des Poolmanagements**

Folgende ausgewählte Zitate von Marktteilnehmern sind dokumentiert (Expertenbefragung 10/2021):

- ▶ „Absatzspitzen wird es zu Saisonzeiten immer geben, zumal sie auch wetterbedingt sind.“
- ▶ „Kapazitätsengpässe bei der Flaschenproduktion, der Logistik und der Sortierung sind ursächlich für einen großen Teil von Friktionen innerhalb der Flaschenkreisläufe. Diese lassen sich jedoch nicht (ohne weiteres) beseitigen, so dass die Kreisläufe selbst optimiert werden müssen. Denkbar ist der Einsatz digitaler Verfahren zur Verkürzung von LKW-Standzeiten und – nach Vereinheitlichung von Leergutstammdaten – zur Ermittlung von Leergutangeboten.“
- ▶ „In Teilbereichen der Prozesskette könnten Abläufe durch Einsatz neutraler Ladungsträger vereinfacht werden. Eine Ausweitung des zulässigen Gesamtgewichts von LKWs auf 44 Tonnen würde zusätzliche Transportkapazitäten schaffen.“
- ▶ „1. These: Reduzierung der Individualflaschen und Flaschenvarianten und die Rückkehr zu mehr Poolflaschen lässt auf eine steigende Umlaufzahl hoffen. 2. These: Erhöhung der Sortenvielfalt im Einzelhandel führt zu kleineren Verkaufseinheiten, z.B. Multipacks => Reduzierung der Flaschen-schonenden Voll-Kasten Verkäufe => verzögter Rücklauf =>

höhere und längere Belastung der einzelnen Flasche. Ergebnis: Trend dürfte sich geringfügig zu Gunsten höherer Umlaufzahlen entwickeln, wenn die Poollösungen umgesetzt werden.“

Die Umlaufzahlen sind weitgehend optimiert. Eine weitere Effizienzsteigerung kann allerdings durch den Einsatz standardisierter Mehrwegpoolflaschen erreicht werden. Schonende Behandlungsverfahren bei der Flaschenreinigung, können zu einer Lebensverlängerung der Flaschen beitragen. Aber auch geringere Anforderungen an die Optik der Flaschen (z.B. Toleranz von Scuffingringen) können zu höheren Umlaufzahlen führen.

### Optimierungsszenarien Umlaufzahlen Bier

An der Gesamtumlaufzahl eines gelenkten Pools von maximal 40 bis 45 Umläufen wird sich nur wenig verändern. Anders ist das bei der Nutzung pro Jahr:

- ▶ Sobald immer mehr Abfüller eine Poolflasche nutzen und diese ohne größeren Sortieraufwand wiederbefüllt werden kann, sind Steigerungen der Jahres-Umlaufhäufigkeit von bislang 4 bis 6 auf 8 realistisch.
- ▶ Je mehr Abfüller sich an einem (gelenkten) Pool für Massenflaschen beteiligen, desto weniger muss spezielles Leergut vorgehalten werden. Dennoch wird es immer eine Leergutmenge geben, die zur Abdeckung der Spitzen notwendig ist.
- ▶ Im Optimierungsszenario 2030 wird für die 0,5 l Glas MW-Flaschen eine Umlaufzahl von 40 angenommen. Im Optimierungsszenario 2045 erhöht sich die Umlaufzahl weiter auf 45.
- ▶ Für die 0,33 l Glas MW-Flasche wird im Optimierungsszenario 2030 von 30 Umläufen ausgegangen, im Optimierungsszenario 2045 von 35.

### Getränkekästen

Die Umlaufzahl der Getränkekästen ist von vielen Faktoren abhängig:

- ▶ Sie korreliert mit der Marktgröße und -durchdringung. Je größer die Marktdurchdringung ist, desto schneller steht ein Kasten erneut zur Abfüllung zur Verfügung. Ein schrumpfender Markt kann dagegen zu einer Verminderung der Umlaufzahl führen. Saisonale Absatzschwankungen sind ein weiterer Aspekt, der die Umlaufzahl beeinflusst. Es sind Kästen auf Vorrat zu halten, um in Spitzenzeiten den Bedarf zu decken.
- ▶ Darüber hinaus hängen die Umlaufzahlen von Getränkekästen davon ab, wie die Machart des Kastens ist. Aufwändig gestaltete Kästen haben bereits früher sichtbare Verschleißspuren, entsprechen dann nicht mehr den optischen Anforderungen und werden deshalb früher ausgetauscht.
- ▶ Ein schnellerer Umlauf von Kästen lässt sich durch optimierte Leergutlogistik lösen. Demzufolge ist die Standardisierung der Flaschen auch ein Mittel, um Getränkekästen als Transportmittel häufiger zirkulieren zu lassen.

Eine Komplexitätsreduktion durch die Vereinheitlichung der eingesetzten Mehrwegflaschen kann auch zur Aussonderung bestehender Mehrwegkästen und Einführung neuer Mehrwegkästen führen. Die Auftragnehmenden gehen davon aus, dass die Kästenumstellung über einen längeren Zeitraum stattfindet und durch die Reduktion der Zukäufe kompensiert wird, so dass keine erheblichen negativen Auswirkungen auf die Umlaufzahlen der Getränkekästen zu erwarten sind.

### Optimierungsszenarien Umlaufzahlen Getränkekästen

- ▶ Optimierungsszenario 2030: 90 Umläufe (0,5 l Glas-MW-Flaschen), 85 Umläufe (0,33 l Glas-MW-Flaschen)
- ▶ Optimierungsszenario 2045: 100 Umläufe (0,5 l Glas-MW-Flaschen), 100 Umläufe (0,33 l Glas-MW-Flaschen)

### Neutrale Ladungsträger

In Vertriebsformen, in denen Flaschen nicht kastengestützt angeboten werden und nicht kastengestützt in der Verkaufsstelle zurückgegeben werden, besteht auch ein Optimierungspotential im Einsatz von neutralen Ladungsträgern, z.B. LOGIPACK. Dabei werden die Flaschen entweder in Pool-Getränkekästen oder in Trays transportiert. Die Ladungsträger werden mit 20 bis 48 Flaschen bestückt.

#### 4.2.6.3.7 Zusammenfassung der Ergebnisse für die Basisdaten und der Optimierungsszenarien

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse zu den Umlaufzahlen der Mehrweggetränkeflaschen und Getränkekästen zusammen.

**Tabelle 52: Zusammenfassung der Umlaufzahlen der Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045**

Getränksegment	Verpackungssystem	Parameter	Umlaufzahl		
			Basisdaten	2030	2045
Bier	0,5 l Glas MW Pool u. Ind.	Bandbreite	10-45	15-45	20-50
		Erwartungswert	31	40	45
	Getränkekästen 0,5 l Glas	Erwartungswert	86	90	100
		Bandbreite	10-45	15-45	15-45
	0,33 l Glas MW Pool. u. Ind.	Erwartungswert	23	30	35
		Erwartungswert	82	85	100
Wässer, karbonisiert	1,0 l PET MW Pool u. Ind.	Bandbreite	8-25	20-30	20-30
		Erwartungswert	19	22	25
	Getränkekästen 1,0 l PET	Erwartungswert	92	100	100
		Bandbreite	20-50	30-50	30-50
	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.	Erwartungswert	38	43	45
		Erwartungswert	89	95	100
	0,7 l Glas MW Pool	Bandbreite	40-50	40-50	40-52
		Erwartungswert	45	48	50
	Getränkekästen 0,7 l Glas	Erwartungswert	100	100	100

Getränksegment	Verpackungssystem	Parameter	Umlaufzahl		
			Basisdaten	2030	2045
Wässer, still	1,0 l PET MW Pool	Bandbreite	15-25	20-30	20-30
		Erwartungswert	20	22	25
	Getränkekasten 1,0 l PET	Erwartungswert	100	100	100
	0,75 l Glas MW Pool u. Ind.	Bandbreite	20-50	30-50	30-50
		Erwartungswert	35	43	45
	Getränkekasten 0,75 l Glas	Erwartungswert	83	95	100
Erfrischungsgetränke, karbonisiert	1,0 l PET MW Ind.	Bandbreite	15-20	15-20	15-20
		Erwartungswert	16	18	22
	Getränkekasten 1,0 l PET	Erwartungswert	75	70	75
	0,5 l Glas MW Ind.	Bandbreite	10-25	15-30	15-35
		Erwartungswert	15	25	30
	Getränkekasten 0,5 l Glas	Erwartungswert	70	75	85
	0,33 l Glas MW Ind.	Bandbreite	10-25	15-30	15-35
		Erwartungswert	13	25	30
	Getränkekasten 0,33 l Glas	Erwartungswert	70	75	85

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

## 4.2.7 Rezyklateinsatz

### 4.2.7.1 Definition

#### Definition Rezyklateinsatz

Der Rezyklateinsatz in Verpackungen gibt an, welche Masse an Sekundärrohstoff in einem Verpackungsbestandteil eingesetzt wird.

Grundsätzlich sind Rezyklate in zwei Kategorien unterteilt:

- ▶ Post-Consumer-Rezyklate (aus den Abfällen der Endverbraucher gewonnen)
- ▶ Pre-Consumer-Rezyklate (aus industriellen Abfällen gewonnen, die während des Produktionsprozesses als Ausschuss anfallen)

Pre-Consumer-Rezyklate definieren wir als Material, das beim Herstellungsprozess aus dem Abfallstrom abgetrennt wird. Nicht enthalten ist die Wiederverwendung von Materialien aus Nachbearbeitung, Nachschliff oder Schrott, die im Verlauf eines technischen Verfahrens entstehen und im selben Prozess wiederverwendet werden können.

#### Berücksichtigung von Pre-Consumer-Rezyklaten in diesem Vorhaben

Die nachfolgenden Ausführungen zum Rezyklateinsatz beziehen sich zum größten Teil auf den Einsatz von Post-Consumer-Rezyklaten.

Pre-Consumer-Rezyklate werden nur zum Teil berücksichtigt, wenn eine Differenzierung in Post-Consumer-Rezyklate und Pre-Consumer-Rezyklate nicht möglich ist (z.B. bei Papier oder Kunststoff-Transportfolien).

Für Rezyklateinsatzquoten, die aus der Literatur übernommen wurden, ist es teilweise unklar, ob neben Post- auch Pre-Consumer-Rezyklate berücksichtigt wurden.

In den Mindestanforderungen wird auf die Ermittlung der Rezyklateinsatzquoten nicht eingegangen.

#### Definition Rezyklateinsatzquote

Die Rezyklateinsatzquote bestimmt den Anteil des Sekundärmaterials am Gesamtgewicht eines Verpackungsbestandteils.

#### Brutto- vs. Nettoeinsatz

Beim Einsatz von Rezyklaten ist zu unterscheiden,

- ▶ wie viel Rezyklat in der Herstellung des Verpackungsmaterials eingesetzt wird (brutto) und
- ▶ wie viel Neumaterial durch die Rezyklate substituiert wird (netto).

#### Beispiel

In der Produktion von 1 kg Wellpappe werden rund 1,1 kg Rezyklate verarbeitet. Die Brutto-Rezyklateinsatzquote bei Wellpappe liegt über 100 %.

Wellpappeverpackungen bestehen insgesamt zu rund 80 % aus Rezyklaten (netto) und zu rund 20 % aus neuem Faserstoff. Die Netto-Rezyklateinsatzquote bei Wellpappe liegt bei 80 %.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sind die Netto-Rezyklateinsatzquoten von Bedeutung.

## Determinanten des Rezyklatanteils

Verschiedene Faktoren haben einen Einfluss darauf, wie hoch der Rezyklatanteil ist, unter anderem:

- ▶ Material, z.B. Kunststoff (PET, PP, HDPE, LDPE), Glas, Aluminium, Weißblech, PPK (Papier, Karton, Wellpappe), Holz
- ▶ Packmittelform (z.B. Folie, Körper)
- ▶ Anwendungszweck (z.B. Lebensmittelkontakt)
- ▶ Wandstärke des Materials
- ▶ Technische Möglichkeiten/Hindernisse, z.B. Verfärbungen bei PET-Rezyklaten oder bei Glasflaschen
- ▶ Rechtliche Einschränkungen, z.B. Zulassung von Kunststoffrezyklaten für den Lebensmittelkontakt
- ▶ Verfügbarkeit von Rezyklaten
- ▶ Kosten der Rezyklate im Vergleich zu Neumaterial

### 4.2.7.2 Vorgehensweise

#### 4.2.7.2.1 Basisdaten

Der Einsatz von Rezyklaten in Getränkeverpackungen unterscheidet sich je nach Material und Verpackungsform sehr stark. Die Darstellung der Vorgehensweise gliedert sich nach den Verpackungsmaterialien.

##### Kunststoffe: PET-Getränkeflaschen

Die GVM führt seit 2013 regelmäßig im Auftrag des Forum PET eine Studie zum Aufkommen und zur Verwertung von PET-Getränkeflaschen durch. Die Ergebnisse werden in einem Stoffstrommodell zusammengefasst, das die verschiedenen Ebenen von der Produktion der PET-Getränkeflaschen bis zum Recyclingoutput abbildet. Die Grundgesamtheit ist die Marktmenge von PET-Getränkeflaschen in Deutschland. Neben den bepfandeten Einweg-PET-Getränkeflaschen sind dies ebenfalls Mehrweg-PET-Flaschen und unbepfandete Einweg-PET-Flaschen.

Die Studie weist aggregierte Daten des Rezyklateinsatzes in PET-Getränkeflaschen aus. Den Berechnungen des Rezyklateinsatzes liegen verschiedene Daten zugrunde, die für dieses Vorhaben zu den verschiedenen Verpackungssystemen aufbereitet werden.

**Abbildung 66: Quellen des Stoffstrommodells zu PET-Getränkeflaschen**

Quelle: Eigene Darstellung nach GVM (2020)

### **Kunststoffe: Andere Anwendungen**

Kunststoffe werden auch in anderen Verpackungsbestandteilen eingesetzt, unter anderem als

- ▶ Verschlüsse
- ▶ Etiketten
- ▶ Getränkekästen
- ▶ Bündelungs- und Transportfolien

Insbesondere die folgenden Quellen liegen den Ausführungen zum Rezyklateinsatz für die aufgezählten Verpackungsbestandteile zugrunde:

- ▶ Daten zum Einsatz von Rezyklaten in Kunststoffverpackungen im Allgemeinen
- ▶ Datenabfrage bei Abfüllern und Verpackungsherstellern
- ▶ Interviews mit Marktakteuren
- ▶ Auswertung der Branchenliteratur

### **Aluminium-Getränkendosen**

Ein Gutachten des ifeus über den Rezyklateinsatz in Aluminium-Getränkendosen liegt den Auftragnehmern vor (ifeu 2021).

### **Getränkeverpackungen aus anderen Materialien**

Für Getränkeverpackungen aus anderen Materialien wurden in den vergangenen Jahren keine differenzierten Daten zum Rezyklateinsatz erhoben.

Für die Ableitung der Basisdaten wurden daher insbesondere die folgenden Quellen herangezogen:

- ▶ Auswertung der Fachliteratur
- ▶ Auswertung von Verbandsdaten
- ▶ Datenabfrage im Begleitkreis
- ▶ Interviews mit sonstigen Marktakteuren

Abhängig von den Materialien sind die verfügbaren Daten in unterschiedlicher Detailtiefe vorhanden.

#### **4.2.7.2.2 Optimierungsszenarien**

##### **Annahmen aus dem GreenSupreme-Szenario**

Den Optimierungsszenarien liegen die veränderten Rahmenbedingungen des GreenSupreme-Szenarios (vgl. Kapitel 4.1 „Recherche und Darstellung der Hintergrunddaten mit Perspektive bis 2045/50“) zugrunde. In diesem Szenario verändern sich unter anderem die Annahmen zur Kreislaufwirtschaft und der Verwendung von Primär- und Sekundärmaterialien.

Da das GreenSupreme-Szenario nicht den Fokus auf Getränkeverpackungen legt, sondern die gesamthafte Produktion von Materialien in den Blick nimmt, sind die getroffenen Annahmen nicht auf die Getränkeverpackungen übertragbar. Steigende Rezyklatanteile finden sich jedoch auch in den hier vorgestellten Optimierungspotentialen.

##### **PET-Getränkeflaschen**

Das VerpackG schreibt ab 2025 und 2030 höhere Rezyklateinsatzquoten für in Deutschland in Verkehr gebrachte PET- bzw. Kunststoff-Einweggetränkeflaschen vor. Der Rezyklateinsatz bezieht sich dabei auf die Marktmenge der Flaschenkörper sowie der Deckel und Verschlüsse.

- ▶ Ab 2025 müssen die PET-Flaschen zu 25 % aus Kunststoffrezyklaten bestehen.
- ▶ Der Anteil der Kunststoffrezyklate in Einweg-Kunststoff-Getränkeflaschen muss bis 2030 auf mindestens 30 % erhöht werden.

Die Selbstverpflichtungserklärungen vieler Abfüller in Deutschland gehen über die gesetzlichen Forderungen hinaus. Daher müssen sie für die Ermittlung des zukünftigen rPET-Anteils berücksichtigt werden.

Für die Interviews mit Marktakteuren standen insbesondere die folgenden Fragen im Fokus:

- ▶ Welcher Rezyklatanteil ist in den verschiedenen Verpackungstypen technisch möglich?
- ▶ Welche Rezyklatmengen werden in ausreichender Qualität am Markt verfügbar sein?
- ▶ Welche Unterschiede gibt es zwischen Systemen, Getränkessorten und Füllgrößen?
- ▶ Welchen Einfluss hat die gesetzlich vorgeschriebene Rezyklatquote für Einweg-PET-Flaschen?

- Welche Nebeneffekte hat ein höherer Rezyklatanteil?

### **Andere Verpackungsmaterialien**

Für die übrigen Verpackungsmaterialien und Kunststoffbestandteile bestehen keine rechtlichen Vorgaben, den Sekundärmaterialanteil zu erhöhen. Verpackungshersteller, Abfüller und Industrieverbände wurden dazu befragt, welche Rezyklatanteile technisch möglich und realistisch sind.

#### **4.2.7.3 Ergebnisse**

##### **4.2.7.3.1 PET-Getränkeflaschen**

###### **Basisdaten**

PET-Getränkeflaschen, die 2019 in Deutschland in Verkehr gebracht wurden, bestanden durchschnittlich aus 29,6 % PET-Rezyklaten (im Folgenden rPET). Für bepfandete Einweg-Getränkeflaschen liegt der rPET-Anteil mit 31,4 % leicht höher. Mehrweg-PET-Flaschen liegen mit 25 % rPET-Anteil unter dem Durchschnitt.

Differenzierungen der rPET-Anteile nach den verschiedenen Verpackungssystemen sind nur teilweise möglich:

- Einweg-PET-Flaschen für Bier wiesen 2019 einen Rezyklatanteil von 15 % auf.
- Bepfandete PET-Einwegflaschen im Mehrwegkasten erreichten 2019 einen Rezyklatanteil von 61 %. Nach Angaben von PETCYCLE konnte der Rezyklatanteil bis 2021 auf 70 % gesteigert werden.

Weitere Differenzierungen der Rezyklatanteile sind auf Basis der verfügbaren Daten nicht möglich.

Die folgende Tabelle fasst die Rezyklatanteile der verschiedenen PET-Verpackungssysteme zusammen:

**Tabelle 53: Rezyklateinsatzquote in PET-Getränkeflaschen nach Verpackungssystemen in den Basisdaten**

<b>Getränksegment</b>	<b>Verpackungssystem</b>	<b>Rezyklateinsatzquote</b>
Bier	0,5 l Einweg PET	15,0 %
	1,5 l Einweg PET ohne Kasten	31,4 %
	1,25 l Einweg PET ohne Kasten	31,4 %
	1,0 l Einweg PET mit Kasten	70,0 %
	0,5 l Einweg PET ohne Kasten	31,4 %
karbonisierte Getränke	1,0 l Mehrweg PET	25,0 %
	1,5 l Einweg PET mit Kasten	70,0 %
	1,5 l Einweg PET ohne Kasten	31,4 %
	1,0 l Einweg PET mit Kasten	70,0 %
	1,0 l Einweg PET ohne Kasten	31,4 %
stille Getränke	1,0 l Einweg PET ohne Kasten	31,4 %
	1,0 l Einweg PET mit Kasten	70,0 %

Getränksegment	Verpackungssystem	Rezyklateinsatzquote
	0,75 l Einweg PET ohne Kasten	31,4 %
	0,5 l Einweg PET ohne Kasten	31,4 %
	1,0 l Mehrweg PET	25,0 %

### Optimierungsszenarien – Angaben aus dem Begleitkreis – Einweg-PET-Flaschen

Einige große Marktakteure setzen sich Zielvorgaben, wie hoch der Rezyklatanteil in den PET-Flaschen bis 2025 sein soll. Die Rezyklateinsatzzusagen sind weitestgehend von den Unternehmen veröffentlicht und einsehbar.

Der Engpassfaktor für den Einsatz von Rezyklaten in PET-Getränkeflaschen ist aktuell die Verfügbarkeit von rPET. Auf der einen Seite besteht eine große Nachfrage nach rPET, um Selbstverpflichtungserklärungen zum Rezyklateinsatz einzuhalten. Auch Abfüller in Nicht-Getränkeverpackungen, beispielsweise Hersteller von PET-Schalen oder PET-Flaschen für Nicht-Getränke, fragen in großen Mengen rPET nach. Dem steht jedoch ein begrenztes Angebot von rPET gegenüber, weshalb der Preis für PET-Ballen, -Flakes und rPET-Granulat in den vergangenen Jahren und Monaten stark angestiegen ist.

Für die Optimierungspotentiale sollte daher auch berücksichtigt werden, dass von einigen Akteuren Konzepte vorgeschlagen werden, nach denen die Inverkehrbringer der Getränkeflaschen ein Zugriffsrecht auf die PET-Mengen erhalten, um diese im Flaschenkreislauf zu behalten. Das ermöglicht sehr hohe Rezyklateinsatzquoten.

Perspektivisch gehen die Branchenvertreter\*innen von sehr hohen Rezyklatanteilen in PET-Flaschen aus. Gründe für die starke Zunahme sehen die Expertinnen und Experten unter anderem in neuen Verwertungsverfahren, insbesondere des chemischen Recyclings, das auch die Verwendung von Rezyklaten aus Nicht-Verpackungen ermöglicht.

### Berücksichtigung des chemischen Recyclings

Die Auftragnehmenden halten es für wahrscheinlich, dass Rezyklate aus dem chemischen Recycling bis 2045 nur im geringen Maße in Getränkeverpackungen eingesetzt werden (Piloten, einzelne Marktakteure). Der flächendeckende Einsatz ist aktuell nicht abzusehen. Es wird jedoch eine Variante für den Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten aus dem chemischen Recycling in der Kunststoffbarriere des GVK berechnet (vgl. Abschnitt 5.2.4 „Szenarien“).

In der Gesamtmarktbetrachtung hat das chemische Recycling allerdings mittelbar geringe Auswirkungen auf Getränkeverpackungen: Der Bedarf von Rezyklaten aus dem PET-Flaschenstrom für andere Anwendungen als Getränkeflaschen wird langfristig etwas zurückgehen, wenn Rezyklate aus dem chemischen Recycling zur Verfügung stehen.

In Verschlüssen wird aktuell kein Rezyklat eingesetzt. Auch hier ist ein Umschwenken auf das chemische Recycling vor dem Hintergrund der ökonomischen Herausforderungen nicht abzusehen und wird daher an dieser Stelle nicht berücksichtigt.

Generell ist bei der Diskussion, um den Einbezug des chemischen Recyclings zu berücksichtigen, dass die Recyclingverfahren zugelassen werden müssen, um das Rezyklat bzw. hier das Naphtaöl in der Prozess-Vorkette von Lebensmittelverpackungen einzusetzen. Das ist nicht absehbar und wird in den kommenden Jahren auch nicht beabsichtigt.

Im Optimierungsszenario 2045 kann von einem Rezyklateinsatz von 90 % ausgegangen werden. Um diesen zu erreichen, müssen jedoch einige Bedingungen erfüllt werden:

- ▶ Der Flaschenkreislauf muss geschlossen werden. Die Nachfrage aus anderen Anwendungsbereichen, beispielsweise den Folien oder Nicht-Getränkeflaschen, muss stark zurückgehen.
- ▶ Viele Verwerter recyceln ausschließlich klare Flaschen. Sammlungen mit gefärbten Flaschen gelangen bei vielen Verwertern nicht in das hochwertige Recycling. Im Optimierungsszenario müssen alle Abfüller auf transparente PET-Flaschen setzen oder farbige Flaschen müssen separiert werden und von den entsprechenden Recyclern verarbeitet werden.
- ▶ Das Recycling muss weiter optimiert werden, um die Verluste im Recyclingprozess zu reduzieren.
- ▶ Möglicherweise stehen auch Rezyklate aus anderen Recyclingverfahren, beispielsweise dem chemischen Recycling, für den Flaschenkreislauf zur Verfügung.
- ▶ Aktuell ist die Einspeisung von PET-Neuware notwendig. Der notwendige Anteil von PET-Neuware wird sich weiter reduzieren.

#### **Optimierungsszenarien – Angaben aus dem Begleitkreis – Mehrweg-PET-Flaschen**

Abfüller verfolgen beim Rezyklateinsatz in Mehrweg-PET-Flaschen sehr unterschiedliche Strategien. Auf der einen Seite bestehen Mehrwegflaschen des GDB-Pools aktuell zu rund 60 % aus Rezyklat. Auf der anderen Seite verzichten einige Abfüller auf den rPET-Einsatz in Mehrwegflaschen und setzen das zur Verfügung stehende rPET ausschließlich in Einweg-Getränkeflaschen ein.

Grundlage der Optimierungsszenarien ist weiterhin, dass Abfüller, die sowohl in Einweg- als auch Mehrweg-PET-Flaschen abfüllen, das verfügbare rPET bevorzugt in den Einweg-PET-Getränkeflaschen einsetzen.

#### **Übersicht Optimierungsszenarien**

Die verwendeten Rezyklateinsatzquoten für die Optimierungsszenarien sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

**Tabelle 54: Rezyklateinsatzquote in PET-Getränkeflaschen nach Verpackungssystemen in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045**

Getränksegment	Verpackungs-system	Basisdaten	Optimierungs-szenario 2030	Optimierungs-szenario 2045
Bier	0,5 l Einweg PET	15,0 %	60,0 %	90,0 %
	1,5 l Einweg PET ohne Kasten	31,4 %	60,0 %	90,0 %
	1,25 l Einweg PET ohne Kasten	31,4 %	60,0 %	90,0 %
	1,0 l Einweg PET mit Kasten	70,0 %	85,0 %	90,0 %
	0,5 l Einweg PET ohne Kasten	31,4 %	60,0 %	90,0 %
	1,0 l Mehrweg PET	25,0 %	40,0 %	60,0 %

Getränksegment	Verpackungs-system	Basisdaten	Optimierungs-szenario 2030	Optimierungs-szenario 2045
stille Getränke	1,5 l Einweg PET mit Kasten	70,0 %	85,0 %	90,0 %
	1,5 l Einweg PET ohne Kasten	31,4 %	60,0 %	90,0 %
	1,0 l Einweg PET mit Kasten	70,0 %	85,0 %	90,0 %
	1,0 l Einweg PET ohne Kasten	31,4 %	60,0 %	90,0 %
	0,75 l Einweg PET ohne Kasten	31,4 %	60,0 %	90,0 %
	0,5 l Einweg PET ohne Kasten	31,4 %	60,0 %	90,0 %
	1,0 l Mehrweg PET	25,0 %	40,0 %	60,0 %

### Plausibilisierung der Optimierungsszenarien

Nach heutigem Stand ist die für Getränkeflaschen verfügbare rPET-Menge begrenzt, da rPET zu einem substanzialen Anteil in anderen Verpackungen und Anwendungen eingesetzt wird, bspw. Nicht-Getränkeflaschen, PET-Folien oder Fasern (Vgl. GVM 2020a). Die Optimierungsszenarien müssen daher unter Berücksichtigung des maximal verfügbaren Angebots von PET-Rezyklaten plausibilisiert werden.

Der Anteil des Bottle-to-Bottle-Recyclings in Bezug auf den Verbrauch aller PET-Getränkeflaschen lag 2019 bei rund 35 %. Bei entsprechender Aufbereitung könnten auch die zu Folien verarbeiteten Regranulate für das Bottle-to-Bottle-Recycling zur Verfügung stehen.

Grundsätzlich sind 93 % bis 97 % aller PET-Getränkeflaschen aufgrund ihrer technischen Eigenschaften für ein Bottle-to-Bottle Recycling geeignet (GVM 2020a).

### Vergleich mit den gesetzlichen Anforderungen

Das Verpackungsgesetz schreibt ab 2030 einen Rezyklateinsatz von 30 % in Einweg-Kunststoff-Getränkeflaschen vor. Der Rezyklatanteil in den Getränkeflaschen wird jedoch deutlich höher liegen. Das ist auf verschiedene Gründe zurückzuführen:

- ▶ Einige Abfüller haben sich zu deutlichen höheren Rezyklateinsatzquoten verpflichtet.
- ▶ Auch Abfüller, die keine Commitments ausgegeben haben, setzen mehr Rezyklate ein als gesetzlich vorgegeben.
- ▶ Der Handel fordert zum Teil Rezyklateinsatzquoten, die deutlich über den gesetzlichen Vorgaben liegen.

Auch 2030 werden Hersteller von Nicht-Getränkeverpackungen PET-Rezyklate nachfragen.

Bereits 2030 besteht ein deutlich größerer Spielraum für Optimierungen des Rezyklateinsatzes. Rund 75 % sind über alle Getränkeflaschen möglich. Um diese Einsatzquote zu erreichen, wären jedoch Brancheninitiativen oder politische Eingriffe notwendig. Da diese nicht absehbar sind, liegt der Rezyklateinsatz im Optimierungsszenario 2030 deutlich unter dem technischen Potenzial.

Das Angebot von PET-Rezyklaten lässt sich auch durch einen Importüberschuss erhöhen. Vor dem Hintergrund, dass sich viele Pfandsysteme in Europa erst im Aufbau befinden oder nur geplant sind, ist jedoch eher davon auszugehen, dass Deutschland mehr Rezyklate oder PET-Ballen bzw. -Flakes exportiert als importiert. Denn auch alle Abfüller in den anderen EU-Mitgliedstaaten müssen ab 2025 25 % und ab 2030 30 % Rezyklate in den Getränkeflaschen einsetzen.

Im Ergebnis ist eine weitere starke Erhöhung des Rezyklateinsatzes bis 2045 ausfolgenden Gründen realistisch:

- ▶ technologischer Fortschritt beim Recycling
- ▶ Selbstverpflichtungserklärungen von Inverkehrbringern
- ▶ gesetzliche Vorgaben zur Rezyklateinsatz
- ▶ sinkende Nachfrage nach PET-Rezyklaten aus dem Flaschenkreislauf von Herstellern anderer PET-Verpackungen als Folge der Etablierung einer Recyclinginfrastruktur für PET-Folien

#### **Auswirkung des Rezyklateinsatzes auf die Umlaufzahl von Mehrweg-PET-Flaschen**

Über die Auswirkungen des Rezyklateinsatzes in Mehrwegflaschen haben verschiedenen Akteure gegensätzliche Einschätzungen. Während ein Teil der Akteure keine negativen Auswirkungen des Rezyklateinsatzes auf die Umlaufzahlen der Mehrwegflaschen sieht, merkt ein anderer Teil der Akteure an, dass sich der Rezyklateinsatz und die Umlaufzahlen nicht in gleichem Maße optimieren lassen.

#### **Einschätzungen zur Auswirkung des Rezyklateinsatzes auf die Umlaufzahl**

In Experteninterviews wurde auf Ergebnisse von Praxistests verwiesen, wonach Mehrwegflaschen mit hohem Rezyklateinsatz die gleichen Umlaufzahlen erreichen wie Flaschen ohne Rezyklateinsatz bzw. mit einem geringeren Rezyklatanteil. Von einer grundsätzlichen Unvereinbarkeit der Steigerung des Rezyklateinsatzes und der Umlaufzahlen kann daher nicht ausgegangen werden.

#### **4.2.7.3.2 Glas-Getränkeflaschen**

##### **Basisdaten**

Die Scherbenanteile in der Produktion von Behälterglas unterscheiden sich je nach Farbe. Nach Angaben des Bundesverbands Glasindustrie e.V. (BV Glas) sind folgende Scherbeneinsatzquoten realistisch:

- ▶ Weißglas: 65 %
- ▶ Grünglas: 88 %
- ▶ Braunglas: 80 %

Einzelne Glashütten erreichen deutlich höhere Rezyklateinsatzquoten. Bei Weißglas sind beispielsweise bis zu 70 % möglich.

Ausdifferenzierungen der Scherbenanteile auf der Produktionsebene der Verpackungsgruppen oder Verpackungssysteme sind nicht möglich. Vielmehr ergeben sich die unterschiedlichen Scherbenanteile nach den Anteilen der jeweiligen Glasfarben, die innerhalb eines Verpackungssystems eingesetzt werden.

- ▶ Bier: Der Großteil der Mehrwegflaschen ist Braunglas. Kleinere Anteile entfallen auf Grün- und Weißglas.
- ▶ Wässer: Grüne Mehrwegflaschen werden vornehmlich von der GDB in der Füllgröße 0,75 Liter für stille Mineralwässer eingesetzt. In den weiteren untersuchten Verpackungssystemen wird überwiegend Weißglas eingesetzt.
- ▶ Erfrischungsgetränke: Zum überwiegenden Teil werden Flaschen aus Weißglas eingesetzt. Flaschen aus Grün- und Braunglas haben nur geringe Marktanteile.

Die folgende Tabelle zeigt die gemittelten Rezyklateinsatzquoten nach Verpackungssystemen.

**Tabelle 55: Rezyklateinsatzquoten für Glas-Getränkeflaschen nach Verpackungssystemen in den Basisdaten**

Getränksegment	Verpackungssystem	Rezyklateinsatzquote
Bier	0,5 l MW Glas	80,2 %
	0,33 l MW Glas	80,2 %
	0,75 l MW Glas	65,0 %
karbonisierte Getränke	0,7 l MW Glas	65,0 %
	0,5 l MW Glas	71,0 %
	0,33 l MW Glas	67,3 %
stille Getränke	0,75 l MW Glas	73,3 %

### Optimierungsszenarien

Aus technischer Sicht bestehen keine Einschränkungen beim Einsatz von Altglasscherben. Ein höherer Altglasanteil in der Produktion von Behälterglas setzt jedoch voraus, dass

- ▶ Altglas in der entsprechenden Menge verfügbar ist,
- ▶ das Glas möglichst farbrein gesammelt wird und
- ▶ das Glas den Farbanforderungen der Kunden\*Kundinnen entspricht.

Im Außenhandel mit gefüllten und ungefüllten Glasbehältern besteht ein Exportüberschuss. Das hat zur Folge, dass in Deutschland weniger Altglasscherben für die Behälterglasherstellung zur Verfügung stehen als Behälterglas produziert wird.

Die folgende Tabelle fasst die angenommenen Rezyklateinsatzquoten in den Optimierungsszenarien zusammen.

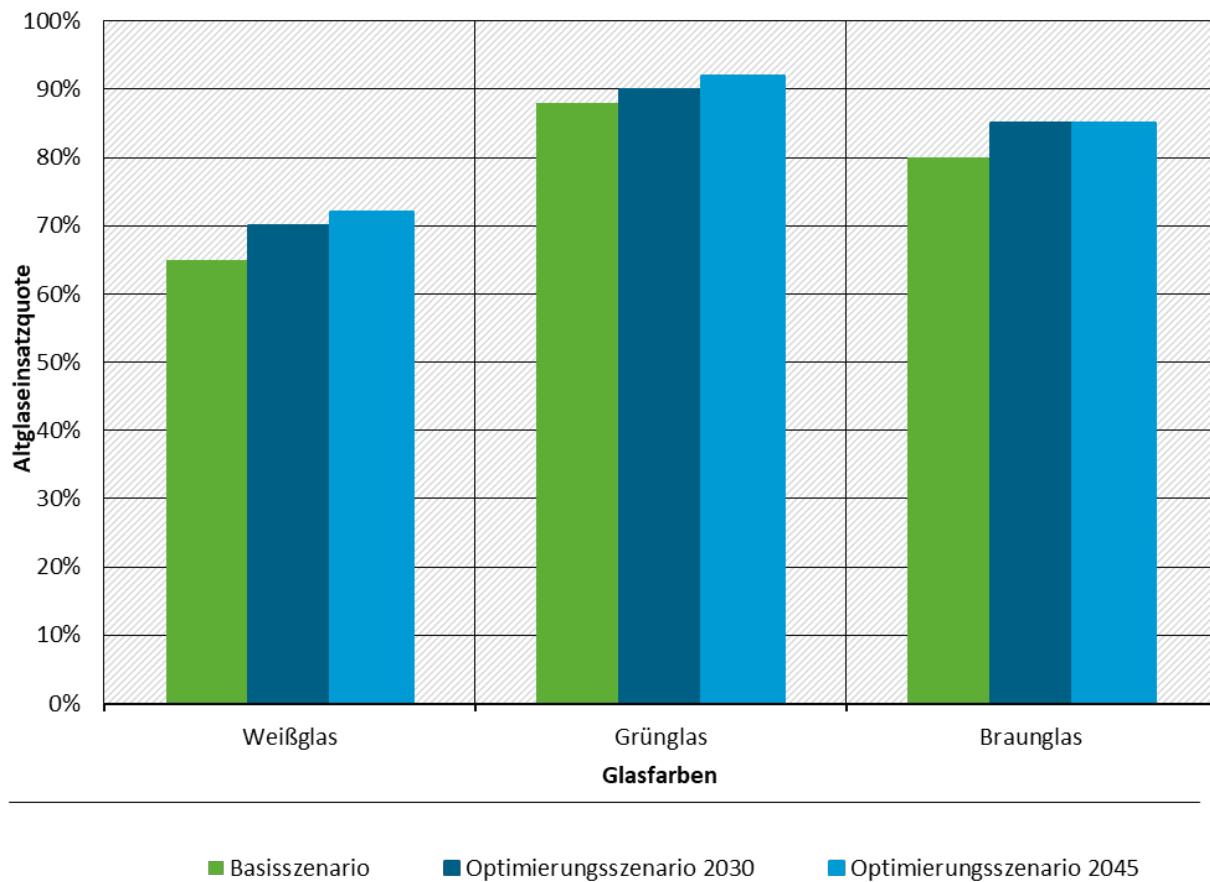
**Tabelle 56: Optimierungspotentiale der Rezyklateinsatzquoten für Glas-Getränkeflaschen nach Verpackungssystemen**

Glasfarbe	Basisdaten	Optimierungsszenario 2030	Optimierungsszenario 2045
Weißglas	65 %	70 %	72 %
Grünglas	88 %	90 %	92 %
Braunglas	80 %	85 %	85 %

Nach Angaben der Industrie wird sich der Rezyklatanteil bis 2030 zwischen 2 % und 5 % erhöhen und bis 2045 bis zu 7 %-Punkte.

Die folgende Abbildung stellt die angenommene Entwicklung der Rezyklateinsatzquoten nach Glasfarben gegenüber.

**Abbildung 67: Entwicklung der Rezyklateinsatzquoten nach Glasfarben bis 2045**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM), nach Angaben BV Glas

#### Bewertung der Optimierungspotentiale

Die Steigerung der Rezyklateinsatzquoten ist abschließend zu bewerten:

- ▶ Verbesserungen bei der optoelektronischen Sortierung sind in geringem Maße möglich.
- ▶ Weitere Fortschritte in der farbgetrennten Sammlung von Behälterglas sind unwahrscheinlich.
- ▶ Die größte Auswirkung auf den Rezyklateinsatz hat die Außenhandelsbilanz mit Behälterglas (unbefüllt und gefüllt). Durch eine leichte Verringerung des Exportüberschusses ist die Erhöhung der Rezyklateinsatzquoten möglich.

Im Ergebnis scheinen moderate Zunahmen der Rezyklateinsatzquoten bis 2030 und 2045 realistisch.

## Optimierungsszenarien der Verpackungssysteme

In den Optimierungsszenarien wird davon ausgegangen, dass der Anteil der Glasfarben innerhalb eines Verpackungssystems konstant bleibt. Die folgende Tabelle fasst zusammen, welche Altlglaseinsatzquoten nach derzeitigen Arbeitsstand den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 zugrunde gelegt werden.

**Tabelle 57: Optimierungsszenarien der Rezyklateinsatzquoten für Glas-Getränkeflaschen 2030 und 2045 nach Verpackungssystemen**

Getränksegment	Verpackungssystem	Rezyklateinsatzquote		
		Basisdaten	2030	2045
Bier	0,5 l MW Glas	80,2 %	85,0 %	85,2 %
	0,33 l MW Glas	80,2 %	85,0 %	85,2 %
	0,75 l MW Glas	65,0 %	70,0 %	72,0 %
karbonisierte Getränke	0,7 l MW Glas	65,0 %	70,0 %	72,0 %
	0,5 l MW Glas	71,0 %	76,0 %	77,2 %
	0,33 l MW Glas	67,3 %	72,3 %	74,0 %
stille Getränke	0,75 l MW Glas	73,3 %	77,8 %	79,9 %

### 4.2.7.3.3 Aluminium-Getränkendose

#### Aluminium-Getränkendosen: Basisdaten

Aluminium Deutschland hat den Rezyklatanteil in Getränkendosen in einem Gutachten über die Stoffströme der Aluminium-Getränkendosen untersuchen lassen (ifeu 2021). Darin werden für bepfandete Getränkendosen zwei Rezyklateinsatzquoten abgeleitet:

1. 92 %, wenn die Getränkendosen im geschlossenen Kreislauf (Closed Loop) bilanziert werden
2. 79,3 %, wenn nicht von einem geschlossenen Kreislauf ausgegangen wird.

Nachfolgend wird die Rezyklateinsatzquote von 79,3 % angewendet.

Zusätzlich wird eine Sensitivitätsanalyse mit einem Rezyklatanteil von 50 % durchgeführt. Diese Rezyklateinsatzquote wird derzeit in verschiedenen anderen Projekten angewendet.

Das Rezyklat wird derzeit ausschließlich in der Produktion des Dosenbands eingesetzt. Im Deckelband setzen die Hersteller ausschließlich Primärmaterial ein. Die Rezyklateinsatzquote für die gesamte Dose beträgt damit 61 % - 66 %.

#### Aluminium-Getränkendosen: Optimierungsszenarien

Eine Erhöhung des Rezyklateinsatzes hängt insbesondere von den folgenden Stellschrauben ab:

- ▶ Erhöhung der Sammelrate bepfandeter Getränkendosen über das DPG-System
- ▶ Verbesserung der Effizienz beim Umschmelzen und Aufbereiten im Recyclingprozess
- ▶ Ausbau der Recyclingwerke auf das Niveau der bereits eingesetzten „Benchmark-Recyclinganlagen“
- ▶ Verringerung des Marktwachstums der Getränkendose in Europa

Technisch ist es möglich, Aluminium-Getränkendosen vollständig aus Rezyklaten herzustellen.

### Optimierungsszenarien

Die folgenden Rezyklateinsatzquoten werden in den Optimierungsszenarien für das Dosenband angewendet:

- ▶ Optimierungsszenario 2030: 92 %
- ▶ Optimierungsszenario 2045: 94 %

Für die Optimierungsszenarien wird ebenfalls angenommen, dass Rezyklate im Deckelband eingesetzt werden:

- ▶ Optimierungsszenario 2030: 30 %
- ▶ Optimierungsszenario 2045: 50 %

### Aluminiumverschlüsse

Daten zum Rezyklateinsatz in Aluminiumverschlüssen konnten nicht bereitgestellt werden.

Für die Verschlüsse wird folglich ein Rezyklateinsatz von 0 % berücksichtigen.

#### 4.2.7.3.4 Weißblechverschlüsse

##### Basisdaten

Der Rezyklatanteil in Verpackungsstahl beträgt nach Angaben der Weißblech-Verpackungsindustrie europaweit 58 %. Differenzierungen nach Ländern oder Verpackungsformen sind hierbei nicht möglich.

##### Optimierungsszenarien

Optimierungspotentiale beim Einsatz von Stahlverpackungsschrott bestehen insbesondere in einer steigenden Quote des Weißblechrecyclings. Diese kann durch eine Zunahme der getrennten Erfassung und der zusätzlichen mechanischen Vorbehandlung im Stahlwerk gesteigert werden.

### Optimierungsszenarien

Für Weißblech-Kronkorken werden die folgenden Rezyklateinsatzquoten angewendet:

- ▶ Optimierungsszenario 2030: 60 %
- ▶ Optimierungsszenario 2045: 65 %

#### 4.2.7.3.5 Getränkekarton

##### Basisdaten

Die Hersteller von Getränkekartonverpackungen setzen derzeit für keines der drei verwendeten Materialien Karton, Kunststoff und Aluminium Rezyklate ein.

##### Optimierungsszenarien

Der Einsatz von Rezyklaten in Getränkekartonverpackungen ist für alle eingesetzten Materialien grundsätzlich möglich.

Die Getränkekartonindustrie hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2030 für Beschichtungen und Barrieren nachwachsende Rohstoffe oder Rezyklate zu verwenden.

Dafür muss nach Angaben der Getränkeindustrie jeweils geprüft werden,

- ▶ in welchem Umfang der Einsatz von Rezyklaten technisch möglich und sinnvoll ist,
- ▶ ob Rezyklate in ausreichender Qualität vorhanden sind, die sowohl den technischen als auch den lebensmittelrechtlichen Anforderungen entsprechen,
- ▶ ob andere negative Effekte (bspw. hinsichtlich der Funktionalität der Verpackung) durch den Einsatz der Rezyklate auftreten und
- ▶ ob der Einsatz gesamtökologisch sinnvoll ist.

Die folgenden Ausführungen fassen die erwarteten Entwicklungen zusammen:

- ▶ Der Einsatz von Sekundärfasern führt zu deutlich höheren Flächengewichten. Der Einsatz von Frischfasern wird daher von den Herstellern bevorzugt. Langfristig ist es möglich, dass geringe Anteile von Sekundärfasern eingesetzt werden.
- ▶ Die Zulassung der Kunststoffrezyklate ist der Engpassfaktor. Der Fokus der Verpackungs-hersteller wird weiterhin auf dem Einsatz von nachwachsenden biobasierten Barriereschichten liegen.
- ▶ Nach Angaben der Industrie sind hohe Rezyklatanteile im Aluminium möglich. Der Trend ist aber eindeutig, dass zugunsten von Kunststoffbarrieren auf Aluminium in Getränkekartons verzichtet wird.

### Optimierungsszenarien

Die folgenden Rezyklateinsatzquoten werden angewendet:

- ▶ Optimierungsszenario 2030: Papier: 0 %, Kunststoff: 0 %, Aluminium: -
- ▶ Optimierungsszenario 2045: Papier: 10 %, Kunststoff: 0 %, Aluminium: -

Ergänzend werden Varianten für den Einsatz von Kunststoff-Rezyklaten aus dem chemischen Recycling sowie von biobasierten Kunststoffen in der Kunststoffbarriere des GVK berechnet (vgl. Abschnitt 5.2.4 „Szenarien“).

#### 4.2.7.3.6 Zusammenfassung der Ergebnisse für die Hauptpackmittel

Die folgende Tabelle fasst die Rezyklateinsatzquoten für die Hauptpackmittel in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 zusammen.

**Tabelle 58: Zusammenfassung der Rezyklateinsatzquoten in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045**

Getränke- segment	Verpackungssystem	Rezyklateinsatzquote		
		Basisdaten	2030	2045
Bier	0,5 l EW PET ohne Kasten	15,0 %	60,0 %	90,0 %
	0,5 l Alu Dose	92,0 %	94,0 %	96,0 %
	0,5 l MW Glas	80,2 %	85,0 %	85,2 %
	0,33 l MW Glas	80,2 %	85,0 %	85,2 %

Getränke- segment	Verpackungssystem	Rezyklateinsatzquote		
		Basisdaten	2030	2045
karbonisierte Getränke	1,5 l EW PET ohne Kasten	31,4 %	60,0 %	90,0 %
	1,25 l EW PET ohne Kasten	31,4 %	60,0 %	90,0 %
	1,0 l EW PET mit Kasten	70,0 %	85,0 %	90,0 %
	0,5 l EW PET ohne Kasten	31,4 %	60,0 %	90,0 %
	0,33 l Alu Dose	92,0 %	94,0 %	96,0 %
	0,25 l Alu Dose	92,0 %	94,0 %	96,0 %
	1,0 l MW PET	25,0 %	40,0 %	60,0 %
	0,75 l MW Glas	65,0 %	70,0 %	72,0 %
	0,7 l MW Glas	65,0 %	70,0 %	72,0 %
	0,5 l MW Glas	71,0 %	76,0 %	77,2 %
stille Getränke	0,33 l MW Glas	67,3 %	72,3 %	74,0 %
	1,0 l Getränkekarton	Karton: 0,0 % Kunststoff: 0,0 % Aluminium: 0,0 %	Karton: 0,0 % Kunststoff: 0,0 % Aluminium: -	Karton: 10,0 % Kunststoff: 0,0 % Aluminium: -
	1,5 l EW PET mit Kasten	70,0 %	85,0 %	90,0 %
	1,5 l EW PET ohne Kasten	31,4 %	60,0 %	90,0 %
	1,0 l EW PET mit Kasten	70,0 %	85,0 %	90,0 %
	1,0 l EW PET ohne Kasten	31,4 %	60,0 %	90,0 %
	0,75 l EW PET ohne Kasten	31,4 %	60,0 %	90,0 %
	0,5 l EW PET ohne Kasten	31,4 %	60,0 %	90,0 %
	1,0 l MW PET	25,0 %	40,0 %	60,0 %
	0,75 l MW Glas	73,3 %	77,8 %	79,9 %

#### 4.2.7.3.7 Kunststoffverschlüsse

##### Basisdaten

Für den Einsatz von Rezyklaten in Kunststoffverschlüssen für Getränkeflaschen fehlen zugelassene Recyclingverfahren. Daher ist der Einsatz von Kunststoffrezyklaten in Verschlüssen derzeit nicht möglich.

##### Optimierungspotentiale

Der entscheidende Faktor für den Einsatz von Rezyklaten wird auch in Zukunft die Existenz und Zulassung von Recyclingverfahren für den Einsatz in Getränkeflaschen sein.

Nach Aussagen von Branchenakteuren sind bei werkstofflichem Recycling mittelfristig 25 % bis 50 % Rezyklateinsatz möglich. Dafür ist es notwendig, dass

- Recyclingverfahren zugelassen werden und

- ▶ für die zugelassenen Recyclingverfahren die notwendigen Recyclingkapazitäten aufgebaut werden.

Nach derzeitigem Stand sind keine neuen Zulassungen von Recyclingverfahren für die Lebensmittelanwendung in Sicht.

Beim Einsatz des chemischen Recyclings sind bis zu 100 % Rezyklateinsatz möglich. Da das Verfahren des chemischen Recyclings jedoch noch nicht marktreif ist, findet es in den Optimierungspotentialen keine Berücksichtigung.

Die Optimierungspotentiale fokussieren auf sicher absehbare Veränderungen. Die fehlende Zulassung eines Recyclingverfahrens hat zur Folge, dass im Optimierungsszenario 2030 weiterhin keine Rezyklate in Kunststoffverschlüssen eingesetzt werden, obwohl die Technologie und erste Recyclingkapazitäten vorhanden sind.

Für das Optimierungsszenario 2045 hingegen ist ein Rezyklatanteil von 40 % zu erwarten, wobei der technisch mögliche Anteil deutlich höher liegt.

#### **4.2.7.3.8 Andere Verpackungsmaterialien**

##### **Kunststoffkästen**

Kunststoffkästen vereinen einige Vorteile für einen hohen Rezyklateinsatz:

- ▶ Sie haben keinen Lebensmittelkontakt.
- ▶ Sie sind dickwandig.
- ▶ Die Rezyklate erfüllen zum größten Teil alle notwendigen Qualitätsanforderungen
- ▶ Die Rezyklate sind ausreichend vorhanden.

Bereits heute bestehen Getränkekästen zum großen Teil aus HDPE-Rezyklaten. Die Rezyklateinsatzquote für Kunststoffkästen ist stark von den Preisen für Rezyklate und Kunststoff-Neuware abhängig. Nach Angaben des Industrieverbands Halbzeuge und Konsumprodukte aus Kunststoff e.V. schwankt die Rezyklateinsatzquote zwischen 30 % und 50 %. Im gewichteten Mittel über die Jahre 2018 bis 2020 beträgt der Rezyklateinsatz für Getränkekästen für alkoholische Getränke und Erfrischungsgetränke (inkl. Wässer) 35 %.

Kunststoffkästen werden zum erheblichen Teil erneut zu Kunststoffkästen verarbeitet. Eine Erhöhung des Rezyklatanteils in den Optimierungsszenarien ist möglich. Das ist insbesondere auf den sortenreinen Materialkreislauf zurückzuführen, der hohe Rezyklateinsatzquoten erlaubt. Dennoch sind folgende Einschränken zu berücksichtigen:

- ▶ Kunststoffkästen können aber nicht vollständig aus Rezyklaten bestehen, da beim Recycling Sortier- und Aufbereitungsverluste durch bspw. Abrieb, Filterrückstände und Staubaustausch entstehen.
- ▶ Ein Zusatz von Neuware kann technisch bedingt notwendig sein, um die Qualität der Getränkekästen sicherzustellen.
- ▶ Die Tatsache, dass Kunststoffkästen zum Teil mit Schwermetall belastet sind, erschwert den Rezyklateinsatz zusätzlich.

Der Außenhandel auf den verschiedenen Ebenen ist ebenfalls zu berücksichtigen:

- ▶ Altkästen, die an Vermahler im Ausland exportiert werden, stehen nicht für die Herstellung neuer Getränkekästen zur Verfügung.
- ▶ Exportiertes Mahlgut steht für die Herstellung von neuen Getränkekästen in Deutschland nicht zur Verfügung. Demgegenüber steht der Import von Mahlgut, das in neuen Getränkekästen eingesetzt werden kann.

### Rezyklateinsatzquoten

Die folgenden Rezyklateinsatzquoten werden für Kunststoffkästen angewendet:

- ▶ Basisdaten: 35 %
- ▶ Optimierungsszenario 2030: 70 %
- ▶ Optimierungsszenario 2045: 90 %

Eine Ausdifferenzierung der Rezyklateinsatzquoten auf der Ebene der verschiedenen Verpackungssysteme, die kastengestützt distribuiert werden, ist nicht sinnvoll möglich.

### Anmerkungen aus dem Begleitkreis

An dieser Stelle ist anzumerken, dass einige Abfüller nach eigenen Angaben weit über 80 % oder 90 % Rezyklate in ihren Getränkekästen verwenden.

Wie bei den anderen Nebenbestandteilen der Verpackungssysteme wurde auch bei den Kunststoffkästen darauf verzichtet, die Rezyklateinsatzquoten nach Verpackungssystemen zu differenzieren.

### Transportfolien

Transportfolien aus Kunststoff erreichen insgesamt einen Rezyklatanteil von rund 40 % (GVM 2020b). Neben Post-Consumer-Rezyklaten sind hier auch Pre-Consumer-Rezyklate inbegriffen.

Aus technischer Sicht sind höhere Rezyklateinsatzquoten möglich. Dabei ist jedoch auch die Verfügbarkeit von Rezyklaten zu berücksichtigen. Einfluss auf die Verfügbarkeit haben insbesondere

- ▶ die Rezyklatnachfrage aus anderen Anwendungsbereichen sowie
- ▶ die Erfassung und das Recycling der Kunststofffolien.

### Rezyklateinsatz Transportfolien

Für die Optimierungsszenarien sind nur geringe Zunahmen des Rezyklatanteils in Transportfolien zu erwarten:

- ▶ Basisdaten: 40 %
- ▶ Optimierungsszenario 2030: 45 %
- ▶ Optimierungsszenario 2045: 50 %

### Kunststoff-Etiketten

LDPE-Etiketten können bereits heute vollständig aus Rezyklaten hergestellt werden. Dies ist jedoch nur bei der Verwendung von LDPE-Rezyklaten aus Altetiketten möglich.

Durch die Öffnung weiterer Recyclingwege kann der Rezyklatanteil in Kunststoffetiketten langfristig ansteigen.

#### **Rezyklateinsatz Etiketten**

Die folgenden Rezyklateinsatzquoten werden angewendet:

- ▶ Basisdaten: 40 %
- ▶ Optimierungsszenario 2030: 50 %
- ▶ Optimierungsszenario 2045: 75 %

#### **PPK**

Nach Angaben des VDP liegt der Rezyklatanteil in Wellpappeverpackungen bei 80 %. Für Transportverpackungen ist der Anteil mit 84 % leicht höher. Das ist darauf zurückzuführen, dass für Wellpappeverpackungen mit direktem Lebensmittelkontakt, importierte Transportverpackungen oder Versandhandelsverpackungen ein höherer Anteil Frischfasern verarbeitet wird (GVM 2020c).

Das Rezyklat bei Kartonverpackungen ist etwas niedriger als bei Wellpappeverpackungen. Nach Angaben des VDP enthalten Kartonverpackungen 60 – 70 % Rezyklate.

#### **Holzpaletten**

Für Paletten aus Vollholz werden keine Rezyklate eingesetzt.

#### **Übersicht**

Die folgende Tabelle fasst die Rezyklateinsatzquoten in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien nach dem derzeitigen Arbeitsstand zusammen.

**Tabelle 59: Rezyklateinsatzquoten in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045**

Packmittel	Basisdaten	Optimierungsszenario 2030	Optimierungsszenario 2045
Etiketten aus Papier	-	-	-
Etiketten aus Kunststoff	40 %	50 %	75 %
Kunststoffkästen	35 %	70 %	90 %
Transportfolien	40 %	45 %	50 %
Um- und Transportverpackungen aus Karton	60 %	60 %	60 %
Um- und Transportverpackungen aus Wellpappe	84 %	84 %	84 %

## 4.2.8 Entsorgung

### 4.2.8.1 Mindestanforderungen für die Entsorgungswege

#### Verwertungskaskade

Die Mindestanforderungen definieren für die Abbildung der Entsorgungswege in Ökobilanzen eine dreistufige Verwertungskaskade, bestehend aus:

1. Erfassung
2. Sortierung
3. Verwertung

#### Analysen der Entsorgungswege

Für einzelne Verpackungsgruppen wurden in den vergangenen Jahren spezifische Analysen der Entsorgung durchgeführt, die der Systematik der Mindestanforderungen gerecht werden. Dies betrifft insbesondere:

- ▶ Befandete Getränkedosen aus Aluminium und Weißblech
- ▶ PET-Einweg-Getränkeflaschen
- ▶ PET-Mehrweg-Getränkeflaschen

Die Analysen bewerten die Entsorgung von Verpackungen jedoch nicht auf der Ebene einzelner Verpackungssysteme, sondern weisen diese gesamthaft aus.

In den Analysen werden alle Entsorgungswege berücksichtigt. Die vorgegebene Ergebnisstruktur der Mindestanforderungen, die aus einer ökobilanziellen Erfassungsquote, einer ökobilanziellen Sortierquote und einer Recyclingzuführungsquote besteht, liegen den Ergebnissen zugrunde.

#### Möglichkeit der Vereinfachung

- ▶ Führen unterschiedliche Formen der Erfassung zu einer gleichartigen Verwertung, können Vereinfachungen in der Modellierung vorgenommen werden. Wenn mehr als 80 % der erfassten Abfälle über das Hauptfassungssystem gesammelt werden, muss nur das Hauptfassungssystem in der ökobilanziellen Bewertung berücksichtigt werden.

- ▶ Alternative Formen der Erfassung und die Sortierung in Nebenfraktionen sind ebenfalls zu bilanzieren, sofern diese einen neuen Verwertungsweg begründen.
- ▶ Erfassungswege, über die weniger als 1 % der zur Verwertung erfassten Abfälle gesammelt werden, müssen nicht berücksichtigt werden.

### **Daten der abfallwirtschaftlichen Berichterstattung**

Die Daten der abfallwirtschaftlichen Berichterstattung genügen nicht den Mindestanforderungen der ökobilanziellen Bewertung.

Insbesondere für Um- und Transportverpackungen bilden die Daten aus der abfallwirtschaftlichen Berichterstattung jedoch eine wichtige Quelle. Beim Rückgriff auf die Daten ist allerdings folgendes zu beachten:

- ▶ Der Mindestmaterialgehalt einer Sortierfraktion muss bestimmt werden. Dabei sind Füllgutanhaltungen und die Restfeuchte zu berücksichtigen.
- ▶ Sofern Sortierquoten aus der Literatur verwendet werden und nicht durch Messungen oder Sortierversuche ermittelt werden, sind konservative Daten auszuwählen.

### **Maximale Erfassungsquote**

Die Mindestanforderungen geben vor, dass die ökobilanzielle Erfassungsquote bei maximal 99 % liegen kann (Vgl. Detzel et al. 2016, S. 419).

#### **4.2.8.2 Annahmen aus dem GreenSupreme-Szenario**

Das GreenSupreme-Szenario, das den Optimierungsszenarien zugrunde liegt, sieht einzelne Veränderungen der Kreislaufwirtschaft vor.

- ▶ Bei der Abfallbehandlung sieht das Szenario vor, dass eine kontinuierliche Umrüstung der MBAs zu mechanisch-biologischen Stabilisierungsanlagen (MBS) stattfindet, so dass 2045 ausschließlich MBS-Anlagen in Betrieb sind. Dieser Umstellungsprozess hat jedoch keine Auswirkungen auf die hier ermittelten Verwertungsquoten.
- ▶ Im GreenSupreme-Szenario werden für alle Verpackungsmaterialien höhere Recyclingquoten angenommen. Getränkeverpackungen sind insbesondere aufgrund der eigenständigen Erfassungswege für bepfandete Getränkeverpackungen von den gesamthaften Daten zum Verpackungsrecycling zu unterscheiden. Die Recyclingquoten für bepfandete Getränkeverpackungen liegen bereits heute über den durchschnittlichen Recyclingquoten der jeweiligen Verpackungsmaterialien. Nichtsdestotrotz sind weitere Optimierungen möglich. Die Annahmen des GreenSupreme-Szenarios finden sich demnach auch in den hier vorgestellten Optimierungspotentialen wieder.

#### **4.2.8.3 Vorgesehene Erfassungssysteme**

Die folgende Tabelle fasst zunächst für die verschiedenen Verpackungsgruppen zusammen, welche Erfassungssysteme auf den verschiedenen Packmittelebenen vorgesehen sind und über welche Erfassungssysteme die Packmittel in der Realität zurücklaufen.

**Tabelle 60: Vorgesehene und tatsächliche Erfassungssysteme der Packmittelebenen nach Verpackungsgruppen**

Packmittelebene	Ebene	Mehrweg-Glas	Mehrweg-PET	Einweg PET bepfandet ohne Mehrwegkasten	Einweg PET bepfandet, mit Mehrwegkasten	Getränkedose, bepfandet	Getränkekarton
Primär- verpackung	Vorgesehen	Gewerbeglas	Gewerbekunststoff	DPG-Pfandsystem	DPG-Pfandsystem	DPG-Pfandsystem	Duale Systeme
	Realität	Gewerbeglas, duale Systeme, Restmüll	Gewerbekunststoff, duale Systeme, Restmüll	DPG-Pfandsystem, duale Systeme, Restmüll	DPG-Pfandsystem, duale Systeme, Restmüll	DPG-Pfandsystem, duale Systeme, Restmüll	Duale Systeme, Restmüll
Verschluss	Vorgesehen	Gewerbeglas	Gewerbekunststoff	DPG-Pfandsystem	DPG-Pfandsystem	-	Duale Systeme
	Realität	Gewerbeglas, duale Systeme, Restmüll	Gewerbekunststoff, duale Systeme, Restmüll	DPG-Pfandsystem, duale Systeme, Restmüll	DPG-Pfandsystem, duale Systeme, Restmüll	-	Duale Systeme, Restmüll
Etikett	Vorgesehen	Gewerbeglas	Gewerbekunststoff	DPG-Pfandsystem	DPG-Pfandsystem	-	-
	Realität	Gewerbeglas, duale Systeme, Restmüll	Gewerbekunststoff, duale Systeme, Restmüll	DPG-Pfandsystem, duale Systeme, Restmüll	DPG-Pfandsystem, duale Systeme, Restmüll	-	-
Flaschenkästen	Vorgesehen	Gewerbekunststoff	Gewerbekunststoff	-	Gewerbekunststoff	-	-
	Realität	Gewerbekunststoff	Gewerbekunststoff	-	Gewerbekunststoff	-	-
Bündelungsfolien	Vorgesehen	-	-	Kunststoff- sammlung Handel, duale Systeme	-	-	-
	Realität	-	-	Kunststoff- sammlung Handel, duale Systeme, Restmüll	-	-	-

Packmittelebene	Ebene	Mehrweg-Glas	Mehrweg-PET	Einweg PET bepfandet ohne Mehrwegkasten	Einweg PET bepfandet, mit Mehrwegkasten	Getränkedose, bepfandet	Getränkekarton
PPK-Trays / Faltschachteln	-	-	-	-	-	Altpapiersammlung Handel, duale Systeme	Altpapiersammlung Handel, duale Systeme
	-	-	-	-	-	Altpapiersammlung Handel, duale Systeme, Restmüll	Altpapiersammlung Handel, duale Systeme, Restmüll
	-	-	-	-	-	-	-

## **Erfassungssysteme Transportverpackungen**

Die Erfassungssysteme für Transportverpackungen sind getränke- und verpackungsübergreifend gleich.

Die vorgesehenen Erfassungssysteme sind:

- ▶ Holzpaletten: Holzsammlung Handel oder Abfüller, Palettenhandel und Palettenaufbereiter
- ▶ Kunststofffolien: Kunststoffsammlung Handel

Die vorgesehenen Erfassungssysteme entsprechen dabei den Erfassungssystemen in der Realität.

### **4.2.8.4 Kunststoffflaschen**

Zunächst werden die verfügbaren Basisdaten zu den Entsorgungswegen von Kunststoffflaschen aufbereitet. Die Optimierungspotentiale stehen im Fokus des zweiten Abschnitts.

#### **4.2.8.4.1 Basisdaten: Stoffstrommodell für PET-Getränkeflaschen**

Im Auftrag des Forum PET in der IK führt die GVM regelmäßig die Studie „Aufkommen und Verwertung von Getränkeflaschen in Deutschland“ durch. Die aktuell verfügbaren Daten beziehen sich auf das Bezugsjahr 2019. Das Ergebnis der Studie ist ein Stoffstrommodell, das wiedergibt, welche Mengen an PET-Getränkeflaschen in den deutschen Markt eingebracht werden, wie sie gesammelt werden und wie ihre Verwertungswege strukturiert sind.

Neben den bepfandeten PET-Getränkeflaschen sind auch unbepfandete PET-Getränkeflaschen für Saft, Wein, Schaumwein, Spirituosen und Weinmischgetränke im Stoffstrommodell enthalten. Alle in diesem Vorhaben betrachteten PET-Verpackungssysteme sind bepfandet.

Die folgende Tabelle fasst die Sammel-, Sortier- und Verwertungsquoten für PET-Getränkeflaschen zusammen. Sofern spezifische Quoten für die verschiedenen Verpackungsgruppen vorliegen, wurden diese angewendet. Für die Sortierung und Verwertung können die Quoten nicht differenziert werden. Im Ergebnis liegt die Verwertungsquote der kastengestützten Systeme über der Verwertungsquote von PET-Einweggetränkeflaschen ohne Kasten.

**Tabelle 61: Rücklaufquoten für PET-Getränkeflaschen (Bezugsjahr 2019)**

	<b>Einweg (bepfandet) ohne Kasten</b>	<b>Einweg (bepfandet) mit Kasten</b>	<b>Mehrweg</b>
Primär-Rücklaufquote	95,9 %	99,0 %	k.A.
Rücklaufquote insgesamt	98,6 %		99,6 %
Recyclingzuführung	97,2 %	99,4 %	99,4 %

Quelle: GVM (2020)

Auf der Ebene der Verpackungssysteme können die Ergebnisse nicht weiter differenziert werden. Es ist allerdings davon auszugehen, dass die Sammelquote bei PET-Flaschen, die häufiger im Haushalt und der Gastronomie entleert werden, höher ist als bei PET-Flaschen, die zu einem substantiellen Anteil im Außer-Haus-Konsum entleert werden.

#### **4.2.8.4.2 Optimierungsszenarien - PET-Getränkeflaschen**

Optimierungen können an den drei ökobilanziellen Faktoren Erfassung, Sortierung und Verwertung ansetzen.

Um die Optimierungsszenarien bewerten zu können, müssen insbesondere die folgenden Fragen für die verschiedenen Verpackungssysteme beantwortet werden:

- ▶ Welchen Einfluss haben sogenannte ODR-Flaschen (opaque and difficult to recycle) auf das Recycling von PET-Flaschen?
- ▶ Wie entwickelt sich der Rücklauf bepfandeter Kunststoffflaschen?
- ▶ Haben die „Tethered Caps“ einen negativen Einfluss auf das Recycling der PET-Flaschen?

##### **Einfluss der ODR-Flaschen**

Aus Branchenkreisen wird kein negativer Einfluss der ODR-Flaschen auf den Recyclingprozess erwartet. Dafür werden insbesondere zwei Argumente angeführt:

- ▶ Die ODR-Flaschen können im Sortierprozess erkannt und aussortiert werden. Dies kann entweder in der Automatensortierung, d.h. bei der Rücknahme der Flaschen, oder im Recyclingwerk erfolgen.
- ▶ Die Marktbedeutung der ODR-Flaschen ist vergleichsweise gering, weshalb selbst überproportionale Rückläufe in einzelnen Recyclinganlagen nur zu geringen negativen Auswirkungen führen.

##### **Rücklauf bepfandeter Kunststoffflaschen**

Die Erweiterung der Pfandpflicht in 2022 und 2024 wird vermutlich kurzfristig zu einem Rückgang der Rücklaufquote bepfandeter PET-Flaschen führen, da sich Verbraucherinnen und Verbraucher an die Umstellung gewöhnen müssen. Auf den Rücklauf der hier untersuchten PET-Flaschen, die bereits bepfandet sind, hat das jedoch keine Auswirkungen. Vielmehr ist zu erwarten, dass sich die Primärrücklaufquote, d.h. die Erfassung über das DPG-System, mittelfristig eher erhöht als verringert.

##### **Einfluss der Tethered Caps**

Der Einsatz von Tethered Caps hat auf den Recyclingprozess nur geringfügige Auswirkungen. Die PET-Flaschen durchlaufen im Recyclingprozess eine Mühle, die das Material zerkleinert. So werden bereits heute die Verschlussbänder, die in der Regel an der PET-Flasche verbleiben, von der PET-Fraktion separiert. Die HDPE- oder PP-Bestandteile des Verschlusses werden dann getrennt von den PET-Bestandteilen einem Recycling zugeführt.

##### **Optimierungsszenario 2030**

Für das Optimierungsszenario 2030 wird eine geringfügig steigende Rücklaufquote erwartet. Für bepfandete Einweg-PET-Flaschen wird von einer Steigerung der Recyclingzuführung um 0,4 %-Punkte ausgegangen, für Mehrwegflaschen von einer Steigerung um 0,2 %-Punkte.

Der Recyclingprozess für bepfandete PET-Flaschen ist weitgehend optimiert. Vielmehr besteht ein wichtiges Optimierungspotential darin, den Anteil des Bottle-to-Bottle-Recyclings zu erhöhen. Dies hat jedoch keinen Einfluss auf die Recyclingquote, sondern auf den Rezyklateinsatz in PET-Getränkeflaschen (Vgl. Kapitel 4.2.7 „Rezyklateinsatz“).

Die Recyclingzuführungsquoten steigen dann dementsprechend um 0,2 %-Punkte bzw. 0,4 %-Punkte an.

## Optimierungsszenario 2045

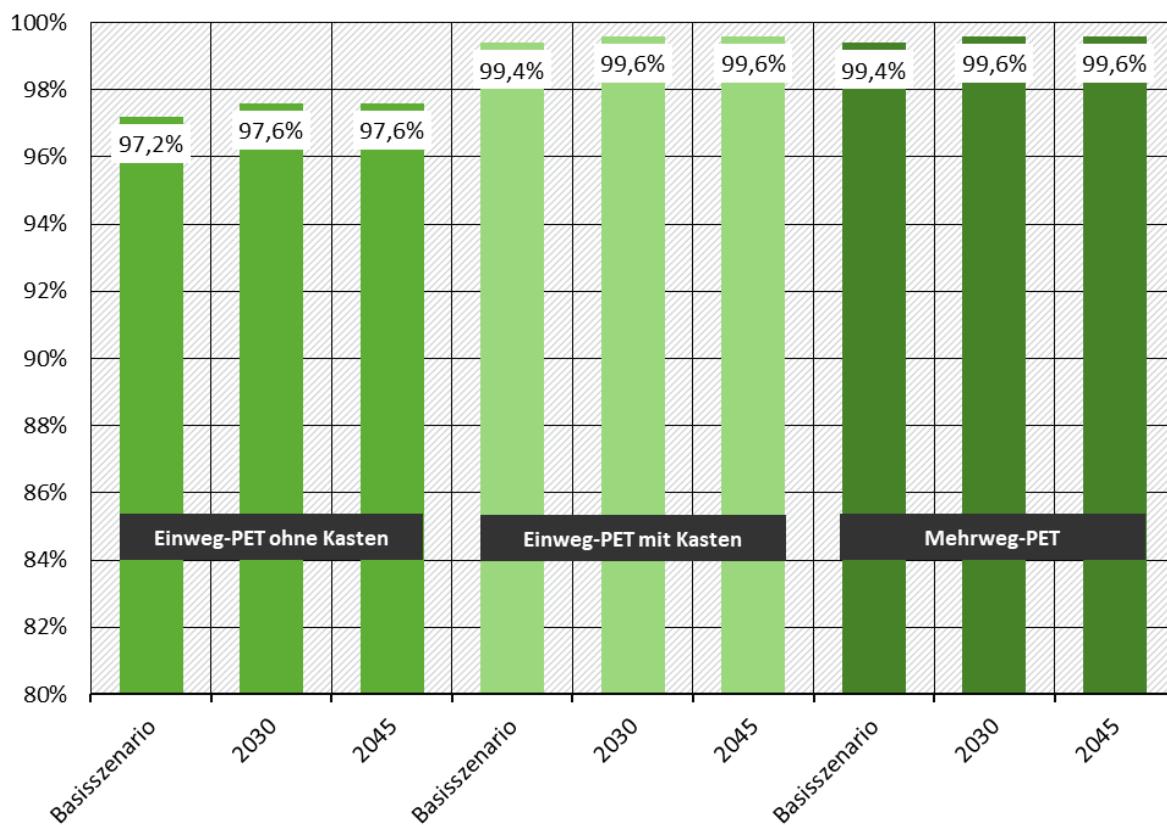
Weitere Steigerungen des Rücklaufs über das Pfandsystem sind bis 2045 nicht zu erwarten. Die folgende Tabelle gibt die Optimierungsszenarien für 2030 und 2045 wieder.

**Tabelle 62: Optimierungsszenarien der Recyclingzuführungsquoten für PET-Getränkeflaschen**

	Einweg (bepfandet) ohne Kasten	Einweg (bepfandet) mit Kasten	Mehrweg
<b>Optimierungsszenario 2030</b>			
Recyclingzuführung	97,6 %	99,6 %	99,6 %
Veränderung zu Basisdaten	+0,4 %-Punkte	+0,2 %-Punkte	+0,2 %-Punkte
<b>Optimierungsszenario 2045</b>			
Recyclingzuführung	97,6 %	99,6 %	99,6 %
Veränderung zu Basisdaten	+0,4 %-Punkte	+0,2 %-Punkte	+0,2 %-Punkte
Veränderung zum Optimierungsszenario 2030	+0,0 %-Punkte	+0,0 %-Punkte	+0,0 %-Punkte

Die folgende Abbildung vergleicht die Recyclingzuführungsquoten in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045.

**Abbildung 68: Vergleich der Recyclingzuführungsquoten, Basisdaten und Optimierungsszenarien**



#### 4.2.8.5 Glasflaschen

##### 4.2.8.5.1 Basisdaten

###### Recyclingquote für Mehrweg-Glasflaschen

Das Erfassungssystem Gewerbeglas ist der vorgesehene Erfassungsweg für Mehrweg-Glasflaschen. Die GVM weist für dieses Erfassungssystem eine eigene Recyclingquote aus. 2020 betrug diese 86 % (GVM 2021c). Die Recyclingquote wird in den folgenden Abschnitten eingeordnet, bewertet und abschließend angepasst.

###### Vergleich mit der Recyclingquote für Mehrweg-PET-Flaschen

Die Recyclingquote von Mehrweg-Glasflaschen ist geringer als die Recyclingquote der Mehrweg-PET-Flaschen. Auf die Unterschiede soll nachfolgend eingegangen werden.

In der Recyclingquote für Glas-Mehrwegverpackungen ist auch die Verwertung von Mehrweg-Getränkeverpackungen, die nicht Gegenstand dieses Vorhabens sind, und Mehrweg-Nicht-Getränkeverpackungen enthalten. Beispiele sind:

- ▶ Mehrwegflaschen für Wein, Glasbruch in Spülzentren
- ▶ Mehrweg-Glasbehälter für Molkereiprodukte oder Honig

Die Recyclingquote für Mehrweg-PET-Flaschen hingegen bezieht sich ausschließlich auf Mehrweg-PET-Getränkeflaschen. Andere Mehrweg-Kunststoffverpackungen, bspw. Getränkekästen oder Kunststoffpaletten, werden nicht berücksichtigt. Eine Anpassung der Recyclingquote für Mehrweg-Glasflaschen ist vor diesem Hintergrund grundsätzlich richtig.

Die Entsorgung von Mehrwegflaschen kann auf verschiedenen Ebenen stattfinden:

- ▶ Aussortierung im Sortierzentrums oder beim Abfüller, weil die Flaschen beschädigt oder nicht mehr ansehnlich sind
- ▶ Entsorgung von Fremdflaschen oder -kästen beim Abfüller oder im Sortierzentrums, weil der Flaschentausch nicht wirtschaftlich ist
- ▶ Glasbruch beim Endverbraucher
- ▶ Zweckentfremdung der Mehrwegflaschen durch den Endverbraucher mit anschließender Entsorgung
- ▶ Entsorgung durch den Endverbraucher über den Restmüll (z.B. im Außer-Haus-Konsum)
- ▶ Entsorgung durch den Endverbraucher über die Glassammlung

Ein wesentlicher Unterschied bei der Verwertungszuführung von Mehrweg-PET- und Mehrweg-Glasflaschen sind die externen Verluste. Während die externen Verluste bei Kunststoffverpackungen sehr gering sind, muss bei Mehrweg-Glasverpackungen insbesondere der Glasbruch berücksichtigt werden.

###### Weitere Entsorgungswege für Mehrweg-Glasflaschen

Neben der Aussortierung bei den Abfüllern sind insbesondere die folgenden Rückführungswege von Bedeutung:

- ▶ Sammlung über Altglascontainer und -tonnen
- ▶ Entsorgung über den Restmüll

Die über die Altglassammlung erfassten Getränkeflaschen werden ebenfalls dem Recycling zugeführt. Glasflaschen, die über den Rest- und Gewerbemüll entsorgt werden, gelangen in Müllverbrennungsanlagen oder in Müllbehandlungsanlagen.

#### **Recyclingquote Basisdaten**

Die Recyclingquote für die Mehrweg-Glasflaschen, die im Rahmen dieses Vorhabens untersucht werden, wird wie folgt angepasst:

- ▶ Ausgangswert ist die Recyclingquote für alle Glas-Mehrwegverpackungen.
- ▶ Wir nehmen an, dass der größere Teil der externen Verluste, die nicht in der Recyclingquote enthalten sind, über die haushaltsnahe Glassammlung entsorgt wird. Dabei ist neben den externen Verlusten im Außer-Haus-Verbrauch auch zu berücksichtigen, dass Bruchglas in Haushalten überwiegend im Restmüll entsorgt wird, wenn die haushaltsnahe Glassammlung über Depotcontainer im Bringsystem erfolgt.
- ▶ Für die haushaltsnahe Erfassung legen wir eine modifizierte Recyclingquote für den privaten Endverbrauch zugrunde (82,1 %).
- ▶ Die Recyclingquote für die Mehrweg-Glasflaschen beträgt 93,9 %.
- ▶ Die verbleibenden Mengen werden entweder über den Restmüll (in Haushalten bzw. Gewerbe oder Außer-Haus) oder als Straßenkehricht entsorgt.

#### **4.2.8.5.2 Optimierungsszenarien**

Die Optimierungspotentiale können beim Glasrecycling sowohl an der Erfassung der Mehrwegflaschen als auch an der Sortierung ansetzen.

Verschiedene Gründe sprechen dafür, dass die Verwertungszuführung durch die Abfüller zukünftig ansteigt:

- ▶ Die zunehmende Verbraucherbildung führt zu einer steigenden Rückführung der Mehrwegflaschen.
- ▶ Die Rückläufe der Mehrwegflaschen steigen durch einen zunehmenden Mehrweganteil.
- ▶ Pro Haushalt fallen mehr Mehrwegflaschen an.
- ▶ Ein steigendes Bewusstsein für Nachhaltigkeit führt zu einer Zunahme der Rückläufe der Mehrwegflaschen.

Unter Berücksichtigung der genannten Aspekte wird in den Optimierungsszenarien 2030 eine Zunahme der Recyclingquote um 1,0 %-Punkte angenommen. Bis 2045 ist eine weitere Zunahme der Recyclinquote um 1,0 %-Punkte möglich.

Die folgende Tabelle fasst die Recyclingquoten der Mehrweg-Glasflaschen in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 zusammen.

**Tabelle 63: Basisdaten und Optimierungsszenarien der Recyclingquoten für Glas-Getränkeflaschen 2030 und 2045**

<b>Verpackungsgruppe</b>	<b>Recyclingquote</b>		
	<b>Basisdaten</b>	<b>2030</b>	<b>2045</b>
Mehrweg Glas	93,9 %	94,9 %	95,9 %

#### 4.2.8.6 Etiketten

Die Etiketten fallen in der Regel gemeinsam mit den Getränkeflaschen an. Über welchen Weg die Etiketten erfasst werden, hängt vom Verpackungssystem ab:

- ▶ Bei Einweg-PET-Getränkeflaschen fallen die Etiketten gemeinsam mit der Getränkeflasche an. Die Flasche und das Etikett bestehen aus unterschiedlichen Materialien, die Flaschen aus PET und die Etiketten aus LDPE, wodurch sie im Sortierprozess voneinander getrennt werden.
- ▶ Bei Mehrweg-PET-Getränkeflaschen fallen die Etiketten beim Abfüller an. Vor der Reinigung der Mehrwegflaschen werden die Banderolen von den Flaschen entfernt.
- ▶ Etiketten auf Mehrweg-Glas-Flaschen werden im Reinigungsprozess von den Getränkeflaschen entfernt.
- ▶ Auf Getränkendosen und Getränkekartonverpackungen werden keine Etiketten verwendet.

Aufgrund der gemeinsamen Entsorgung von Primärverpackung und Etiketten sind die Quoten, die für die Verwertung der Primärverpackungen ermittelt werden, auch auf die Etiketten anzuwenden.

#### 4.2.8.7 Getränkendosen

##### 4.2.8.7.1 Basisdaten: Stoffstrommodell für Getränkendosen

Die GVM-Studie „Recycling von Getränkendosen“ orientiert sich an den „Mindestanforderungen für die Abbildung der Entsorgungswege in Ökobilanzen“. Vergleichbar mit dem PET-Stoffstrommodell beziehen sich die Ergebnisse jedoch auf alle Getränkendosen, unabhängig davon, ob sie bepfandet sind oder nicht. Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Recyclingzuführung für Getränkendosen aus Weißblech und Aluminium zusammen.

**Tabelle 64: Entsorgungswege von Getränkendosen**

Recyclingzuführung	Weißblech	Aluminium
LVP / Gelbes System	3,2 %	4,3 %
DPG-System	93,5 %	93,7 %
Sonstige separate Sammlung	0,1 %	0,1 %
Restmüll, Sortierreste	1,0 %	1,2 %
<b>Insgesamt</b>	<b>99,7 %</b>	<b>99,3 %</b>

Quelle: GVM (2021)

Neben den gesamthaften Ergebnissen der Recyclingzuführung weist die Studie auch Teilergebnisse für bepfandete Getränkendosen aus: Die Erfassungsquote über das DPG-System beträgt 96 %.

Im Rahmen des Vorhabens werden nur die Optimierungspotentiale der Aluminium-Getränkendosen ökobilanziell bewertet.

##### 4.2.8.7.2 Optimierungspotentiale

Wie zuvor bereits ausgeführt, bestehen die Optimierungspotentiale für bepfandete Einweg-Getränkeverpackungen insbesondere in der getrennten Erfassung über das DPG-System. Die

hohen Rücklaufquoten, die Getränkedosen bereits heute über das DPG-System erreichen, begrenzen den Spielraum für Optimierungen.

#### **4.2.8.8 Getränkekarton**

##### **4.2.8.8.1 Basisdaten**

Im Gegensatz zu den anderen Verpackungsmaterialien stellt der Flüssigkeitskarton eine eigenständige Materialkategorie in der abfallwirtschaftlichen Berichterstattung dar. Die Getränkekartonverpackungen werden über die LVP- sowie die Papierfraktion gesammelt.

Für das Bezugsjahr 2020 erreicht die Kategorie Flüssigkeitskarton eine stoffliche Verwertungsquote von 77,5 % (Vgl. GVM 2022a).

Bis zum Bezugsjahr 2021 recycelten die Verwerter ausschließlich den Faserstoff aus dem Getränkekarton stofflich, während die Kunststoff- und Aluminiumanteile einer energetischen Verwertung zugeführt werden.

Die Daten aus der abfallwirtschaftlichen Berichterstattung müssen um zwei Faktoren erweitert werden:

- ▶ Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte
- ▶ Sortierquote

##### **Korrekturfaktor**

Der Korrekturfaktor für Störstoffe und Restfeuchte ergibt sich aus den Produktspezifikationen für die Sortierfraktion 510 „Flüssigkeitskarton“. Der Gesamtstörstoffanteil darf hier maximal 10 Masseprozent betragen (vgl. Der Grüne Punkt 2023)

##### **Sortierquote**

Die Sortierquote beschreibt den Anteil des Massenstroms, der in die vorgesehene Sortierfraktion gelangt. Hierfür wird auf Daten zu Sortierquoten aus der Literatur zurückgegriffen (Christiani et al. 2001). Die Sortierquote für Flüssigkeitskarton wird mit 88,8 % dokumentiert.

In Experteninterviews konnte bestätigt werden, dass die Größenordnung der Sortierquote noch aktuell ist.

##### **4.2.8.8.2 Optimierungsszenarien**

Die Optimierungspotentiale beim Recycling von Getränkekartonverpackungen liegen sowohl in der Erhöhung der Erfassung- und Sortierquote als auch in der Verwertung der Nebenbestandteile.

Es ist davon auszugehen, dass die Verwertungsquote auch zukünftig weiter ansteigt. Gründe hierfür sind unter anderem:

- ▶ Verbraucherbildung, Entsorgungs- und Trennhinweise auf Verpackungen
- ▶ Zunahme der energetischen Verwertungszuführung durch bessere Sortierung
- ▶ Verbesserungen in der Sortierung, um Getränkekartons der stofflichen Verwertung zuzuführen

Bis 2030 gehen wir von einer Zunahme der Recyclingquote auf 80 % aus, bis 2045 sind weitere Steigerungen auf 85 % möglich.

In Deutschland ging 2020 eine erste Recyclinganlage in Betrieb, die die Rückgewinnung der PE-Folien und Aluminiumanteile ermöglicht. Das Recycling der Kunststoff- und Aluminium-bestandteile ist jedoch Gegenstand der Prozessdaten in der Berechnung der Umwelt-auswirkungen, weshalb an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen wird.

#### 4.2.8.9 Verschlüsse

##### 4.2.8.9.1 Kunststoffverschlüsse auf PET-Einweggetränkeflaschen

###### Basisdaten

Kunststoffverschlüsse verbleiben zum größten Teil an der jeweiligen Getränkeverpackung. Die GVM hat 2018 im Auftrag der IK untersucht, welcher Anteil der Verschlüsse auf den Einweg-Getränkeverpackungen verbleibt. In den Ergebnissen sind Kunststoffverschlüsse für Getränke-verpackungen der folgenden Füllgüter enthalten:

- ▶ Wässer
- ▶ Erfrischungsgetränke
- ▶ Bier
- ▶ Alkoholhaltige Mischgetränke
- ▶ Saft

Für bepfandete Einweg-Kunststoffflaschen kommt die Studie zu folgenden Ergebnissen:

- ▶ Der Anteil der aufgeschraubten Verschlüsse (Verschlussgrad) auf bepfandeten Einweg-Getränkeverpackungen aus Kunststoff, die über das DPG-System zurücklaufen, beträgt 91 %.
- ▶ Berücksichtigt man neben dem Verschlussgrad zusätzlich, wie häufig die eigentliche Getränkeverpackung im primär dafür vorgesehenen System gesammelt wird, ergibt sich eine Verschlussrücklaufquote von 87,6 %.
- ▶ Die wichtigste Sammlung für nicht aufgeschraubte Verschlüsse von bepfandeten Einweg-Getränkeverpackungen, die nicht über das DPG-System zurücklaufen, sind die dualen Systeme. Auf diesem Weg wird ein großer Anteil der als Verschlussverlust ausgewiesenen Mengen ebenfalls werkstofflich oder energetisch verwertet.
- ▶ 5 % bis 8 % der Verschlüsse werden über den Restmüll bzw. Gewerberestmüll entsorgt oder als Littering beseitigt.

Für die Basisdaten lassen sich daraus die folgenden Schlussfolgerungen ableiten:

- ▶ Die Recyclingzuführung von Verschlüssen ergibt sich als Summe des Verschlussrücklaufs über die dualen Systeme und das DPG-System.
- ▶ Für bepfandete PET-Flaschen nehmen wir an, dass durchschnittlich 5 % bis 6,5 % der Verschlüsse weder über das DPG-System noch über die dualen Systeme zurücklaufen.
- ▶ Das Quotenregime für Verschlüsse auf Einweg-PET-Flaschen (ohne Kasten) setzt sich aus einem Verschlussrücklauf über das DPG-System in Höhe von 91 % und einem Verschlussrücklauf von 2,5 % über die dualen Systeme zusammen. Insgesamt ergibt sich daraus eine Erfassungsquote in Höhe von 93,5 %.

- Für Einweg-PET-Flaschen, die im Kasten verkauft werden, nehmen wir an, dass der Verschlussverlust nur 5 % beträgt. Der Verschlussrücklauf teilt sich auf in 91 % Verschlüsse auf der Primärverpackung und 4 % Verschlussrücklauf über die dualen Systeme.

### **Optimierungsszenarien: Kunststoffverschlüsse auf Einweg-Getränkeverpackungen**

Der § 6, Abs. 1 der Einwegkunststoffrichtlinie regelt, dass Verschlüsse auf Einweggetränkeverpackungen ab dem 01. Juli 2024 am Gebinde befestigt werden müssen. Diese sogenannten „Tethered Caps“ haben zur Folge, dass die Verschlüsse zum überwiegenden Teil gemeinsam mit den Getränkeverpackungen entsorgt werden. Für die Berechnung des Verschlussrücklaufs sind zwei Faktoren relevant:

1. Der Anteil der Verschlüsse, der mit der Flasche zurückgegeben wird, und
2. der Rücklauf der Getränkeflaschen.

Im Rahmen des Vorhabens wird ausgegangen, dass die Verschlüsse in ein bis drei Prozent der Fälle nicht mit dem Flaschenkörper zurückgegeben werden. Gründe dafür sind etwa, dass der Verschluss abgerissen wird oder die Flasche bzw. Teile der Flasche zweckentfremdet werden. Hier wird mit einem mittleren Verlust von 2 % der Verschlüsse gerechnet, die nicht mit der Primärverpackung entsorgt werden.

Der Rücklauf für Verschlüsse auf bepfandeten PET-Getränkeflaschen setzt sich dann wie folgt zusammen:

- 98 % Erfassung mit den Getränkeflaschen
- 1 % separate Erfassung über die dualen Systeme
- 1 % wird über den Restmüll, Gewerbeabfall oder als Littering entsorgt

#### **4.2.8.9.2 Kunststoffverschlüsse - Getränkekarton**

##### **Basisdaten**

Die Verschlussrücklaufquote leitet sich aus den Ergebnissen der Studie im Auftrag der IK ab. Für unbepfandete PET-Getränkeflaschen, die wie Getränkekartonverpackungen über das LVP-Erfassungssystem gesammelt werden, wurde ein Verschlussrücklauf an der Primärverpackung in Höhe von 74,8 % ermittelt. 8 Masseprozent der Verschlüsse werden nicht haushaltsnah erfasst und gelangen in den Restmüll, sonstige Sammlungen oder den Straßenkehricht. Damit beträgt der Rücklauf der Verschlüsse, die getrennt von der Primärverpackung über die dualen Systeme erfasst werden, 17,2 Masseprozent.

Zusammengefasst ergeben sich die folgenden Erfassungsquoten:

- Verschlussrücklauf mit der Primärverpackung: 74,8 %
- Verschlussrücklauf getrennt von der Primärverpackung: 17,2 %
- Entsorgung über Restmüll oder Littering: 8,0 %

##### **Optimierungsszenarien**

Die Auswirkung der Tethered Caps auf den Verschlussrücklauf sind bei Getränkekartonverpackungen deutlich stärker als bei bepfandeten PET-Getränkeflaschen.

Für die Optimierungsszenarien sind die Erfassungsquoten der bepfandeten PET-Getränkeflaschen auch für die Getränkekartonverpackungen anzusetzen. Das heißt, dass 98 % der

Verschlüsse gemeinsam mit der Primärverpackung und 1 % getrennt von der Primärverpackung erfasst werden.

#### **4.2.8.9.3 Aluminiumverschlüsse – Mehrweggetränkeflaschen**

Das Recycling von Aluminiumverschlüssen für Mehrwegflaschen wird seit Jahren erfolgreich praktiziert. Alle Aluminiumverschlüsse, die in den Abfüllbetrieben anfallen, werden dem Recycling zugeführt. Die Recyclingmenge ist damit vor allem von der Rücklaufquote abhängig. Die GDB hat für die Brunnenflaschen in der Vergangenheit Verschluss-Rücklaufquoten von über 90 % publiziert. Die GVM weist seit Jahren den Verschlusssrücklauf aus.

Auf der Basis verschiedener Gespräche und Rückmeldungen aus dem Begleitkreis wurde der Verschlusssrücklauf neu bewertet. Im Bezugsjahr 2020 beträgt der Verschlusssrücklauf 90,4 %.

Für die nicht erfassten Aluminiumverschlüsse wird der selbe Wert wie für die nicht erfassten Verschlüsse auf bepfandeten Einweg-Getränkeverpackungen angesetzt. Für Mehrwegverpackungen gehen wir davon aus, dass 5 Masseprozent der Verschlüsse nicht erfasst werden.

Während die Kunststoffverschlüsse, die nicht über die Pfandsysteme oder die sekundäre Sammlung erfasst werden, energetisch verwertet werden, können die Aluminiumverschlüsse aus der Bodenasche der Müllverbrennungsanlagen zurückgewonnen werden. Die Rückgewinnung wird unter Berücksichtigung der Brandverluste ebenfalls dem Recycling zugerechnet.

#### **4.2.8.9.4 Kunststoffverschlüsse – Mehrweggetränkeflaschen**

Für Kunststoffverschlüsse auf Mehrweggetränkeflaschen werden die gleichen Verschlusssrückläufe angenommen wie für Aluminiumverschlüsse auf Mehrweg-Getränkeflaschen.

#### **4.2.8.9.5 Weißblechverschlüsse**

Im Gegensatz zu Kunststoffverschlüssen können Weißblechverschlüsse für Glasflaschen nicht am leeren Gebinde befestigt werden. Ihre Sammlung erfolgt größtenteils über die LVP-Erfassung sowie den Restmüll.

Für Weißblechverschlüsse, die über die LVP-Sammlung recycelt werden, wird auf die Daten der abfallwirtschaftlichen Berichterstattung zurückgegriffen. Die Rückgewinnung aus Müllverbrennungsanlagen wird unter Abzug der Brandverluste ebenfalls als Recycling berücksichtigt.

Für die Anteile der Kronkorken in der LVP-Sammlung und im Restmüll wurde wie folgt vorgegangen:

- ▶ Die Anfallstellen der Kronkorken wurden in verschiedene Gruppen geordnet: Abfüller, Handel, Haushalte, öffentlicher Verkehrsraum, sonstige Anfallstellen
- ▶ Für die Anfallstellen wurde jeweils bewertet, zu welchen Anteilen die Verschlüsse in die LVP-Sammlung und den Restmüll gelangen. Die gewerbliche Sammlung (Abfüller, Handel) wurde vereinfachend mit der LVP-Sammlung gleichgesetzt.
- ▶ Für den Haushaltsverbrauch und sonstige Anfallstellen nehmen wir an, dass der größte Teil wie vorgesehen über die dualen Systeme erfasst wird.
- ▶ Dem Außer-Haus-Verbrauch liegt die Annahme zugrunde, dass die Entsorgung nahezu ausschließlich über den Restmüll erfolgt.

#### **4.2.8.10 Zusammenfassung der Quoten für die Primärverpackungen**

Auf der Basis der Daten zu den verschiedenen Verpackungsgruppen lassen sich die Recyclingquoten für die ökobilanzielle Analyse der Verpackungssysteme errechnen. Dabei ist auf die folgenden beiden Aspekte hinzuweisen:

- ▶ Für Daten, die bereits in Netto-Mengen eines Materials ausgewiesen sind, ist keine Korrektur um Störstoffe und Restfeuchte notwendig.
- ▶ Quoten über 99 % werden auf 99 % abgerundet.

#### **Basisdaten Primärverpackungen**

Die folgende Tabelle fasst die Recyclingquoten für die Primärverpackungen in den Basisdaten zusammen.

Die Werte der Spalte „Quote für die werkstoffliche Verwertung“ werden um den „Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte“ korrigiert und schließlich in der Spalte „Werkstoffliche Verwertung korrigiert“ angegeben. Um die Erfassungsquote (ökobilanzielle Erfassungsquote) zu ermitteln, sind die Daten durch die Sortierquote (ökobilanzielle Sortierquote) zu teilen.

**Tabelle 65: Quoten für Primärverpackungen (Basisdaten)**

Verpackungsgruppe	Quote für die werkstoffliche Verwertung	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korrigiert	Sortierquote entsprechend der Literatur	Errechnete Erfassungsquote
<b>Körper und Etikett</b>					
EW-PET ohne Kasten	97,2 %	0,0 %	<b>97,2 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>97,2 %</b>
EW-PET mit Kasten	99,4 %	0,0 %	<b>99,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>99,0 %</b>
MW-PET	99,4 %	0,0 %	<b>99,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>99,0 %</b>
MW-Glas	93,9 %	0,0 %	<b>93,9 %</b>	<b>99,0 %</b>	<b>94,8 %</b>
Getränkendose	99,0 %	0,0 %	99,0 %	100,0 %	99,0 %
GKV	77,5 %	15,0 %	<b>65,9 %</b>	<b>88,8 %</b>	<b>74,2 %</b>
<b>Verschlüsse auf Körper</b>					
EW-PET ohne Kasten	97,2 %	0,0 %	<b>97,2 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>97,2 %</b>
EW-PET mit Kasten	99,4 %	0,0 %	<b>99,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>99,0 %</b>
MW-PET	99,4 %	0,0 %	<b>99,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>99,0 %</b>
MW-Glas (Kst.-Verschluss)	93,9 %	0,0 %	<b>93,9 %</b>	<b>99,0 %</b>	<b>94,8 %</b>
MW-Glas (Alu-Verschluss)	93,9 %	0,0 %	<b>93,9 %</b>	<b>99,0 %</b>	<b>94,8 %</b>
GKV	77,5 %	15,0 %	65,9 %	88,8 %	74,2 %
Weißblechverschluss	-	-	-	-	-
<b>Verschlüsse lose</b>					
EW-PET ohne Kasten	60,5 %	6,0 %	<b>56,9 %</b>	<b>90,0 %</b>	<b>63,2 %</b>
EW-PET mit Kasten	60,5 %	6,0 %	<b>56,9 %</b>	<b>90,0 %</b>	<b>63,2 %</b>
MW-PET	60,5 %	6,0 %	<b>56,9 %</b>	<b>90,0 %</b>	<b>63,2 %</b>
MW-Glas (Kst.-Verschluss)	60,5 %	6,0 %	<b>56,9 %</b>	<b>90,0 %</b>	<b>63,2 %</b>
MW-Glas (Alu-Verschluss)	95,7 %	10,0 %	<b>86,1 %</b>	<b>90,0 %</b>	<b>95,7 %</b>
GKV	60,5 %	6,0 %	<b>56,9 %</b>	<b>90,0 %</b>	<b>63,2 %</b>

Verpackungsgruppe	Quote für die werkstoffliche Verwertung	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korrigiert	Sortierquote entsprechend der Literatur	Errechnete Erfassungsquote
Weißblechverschluss	88,7 %	18,1 %	72,6 %	90,0 %	80,7 %
<b>Rückgewinnung Verschlüsse aus Müllverbrennungsanlagen</b>					
Alu-Verschluss	45,0 %	-	45,0 %	-	-
Weißblechverschluss	50,0 %	-	50,0 %	-	-

Anmerkung:

- Für Daten, die bereits in Netto-Mengen eines Materials ausgewiesen sind, ist keine Korrektur um Störstoffe und Restfeuchte notwendig.
- Die maximale ökobilanzielle Erfassungsquote beträgt 99 %. Daher werden Werte über 99 % dahingehend korrigiert.

### Verschlussrücklauf

Die Verschlussrücklaufquote auf der Primärverpackung für die bepfandeten Einwegflaschen und Getränkekartonverpackungen muss mit der Erfassungs- bzw. Recyclingszuführungsquote multipliziert werden:

- Die Verschlussrücklaufquote auf der Primärverpackung für bepfandete Einweg-PET-Flaschen ohne Kasten muss mit der Erfassungsquote über das DPG-System multipliziert werden (95,9 %).
- Die Verschlussrücklaufquote auf der Primärverpackung für bepfandete Einweg-PET-Flaschen mit Kasten muss mit der Erfassungsquote über das PETCYCLE-System multipliziert werden (99,0 %).
- Die Verschlussrücklaufquote auf der Primärverpackung für Getränkekartonverpackungen muss mit der Erfassungsquote von Getränkekartons (74,2 %) multipliziert werden.

Die Verschlussrücklaufquoten auf den Mehrwegflaschen sind nicht mehr in Bezug zur Erfassung der Hauptpackmittel zu setzen, da sie sich aus der zur Verwertung zugeführten Menge ableiten.

Die folgende Tabelle fasst die Verschlussrücklaufquoten unter Berücksichtigung der Erfassung der Primärverpackungen zusammen.

**Tabelle 66: Verschlussrücklaufquoten Basisdaten (unter Berücksichtigung der Erfassung der Primärverpackungen)**

Verpackungsgruppe	Verschlussrücklaufquote auf der Primärverpackung	Verschlussrücklauf lose oder aufgeschraubt in der sekundären Sammlung	Restmüll, Littering
EW-PET ohne Kasten	87,3 %	6,2 %	6,5 %
EW-PET mit Kasten	90,1 %	4,9 %	5,0 %
MW-PET	90,4 %	4,6 %	5,0 %

Verpackungsgruppe	Verschlusserücklaufquote auf der Primärverpackung	Verschlusserücklauf lose oder aufgeschraubt in der sekundären Sammlung	Restmüll, Littering
MW-Glas (Kst.-Verschluss)	90,4 %	4,6 %	5,0 %
MW-Glas (Alu-Verschluss)	90,4 %	4,6 %	5,0 %
GKV	55,5 %	12,8 %	31,7 %
Weißblechverschluss	0,0 %	81,6 %	18,4 %

Anmerkung: Für bepfandete Einweg-PET-Flaschen wird vereinfacht vom „Verschlusserücklauf lose“ gesprochen. Die dargestellten Werte enthalten jedoch auch aufgeschraubte Verschlüsse, die über die sekundäre Sammlung erfasst werden. Bei den Verschlusserücklaufquoten sind die jeweiligen Erfassungsquoten der Primärverpackungen berücksichtigt.

### Bewertung

Unter Berücksichtigung der Erfassungsquote unterscheiden sich die Verschlusserücklaufquoten von bepfandeten Einweg- und Mehrwegverpackungen nur geringfügig. Die Verschlusserücklaufquoten liegen in einer Spanne von 90,4 % (MW-Glas und MW-PET) und 87,3 % (EW-PET ohne Kasten).

### Optimierungsszenario 2030

Die folgende Tabelle fasst die Recyclingquoten für die Primärverpackungen im Optimierungsszenario 2030 zusammen.

Tabelle 67: Quoten für Primärverpackungen im Optimierungsszenario 2030

Verpackungsgruppe	Quote für die werkstoffliche Verwertung	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korrigiert	Sortierquote entsprechend der Literatur	Errechnete Erfassungsquote
<b>Körper und Etikett</b>					
EW-PET ohne Kasten	97,4 %	0,0 %	97,4 %	100,0 %	97,4 %
EW-PET mit Kasten	99,4 %	0,0 %	99,0 %	100,0 %	99,0 %
MW-PET	99,4 %	0,0 %	99,0 %	100,0 %	99,0 %
MW-Glas	94,9 %	0,0 %	94,9 %	99,0 %	95,9 %
Getränkendose	99,0 %	0,0 %	99,0 %	100,0 %	99,0 %
GKV	80,0 %	15,0 %	68,0 %	88,8 %	76,6 %
<b>Verschlüsse auf Körper</b>					
EW-PET ohne Kasten	97,4 %	0,0 %	97,4 %	100,0 %	97,4 %
EW-PET mit Kasten	99,4 %	0,0 %	99,0 %	100,0 %	99,0 %

Verpackungsgruppe	Quote für die werkstoffliche Verwertung	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korrigiert	Sortierquote entsprechend der Literatur	Errechnete Erfassungsquote
MW-PET	99,4 %	0,0 %	<b>99,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>99,0 %</b>
MW-Glas (Kst.-Verschluss)	94,9 %	0,0 %	<b>94,9 %</b>	<b>99,0 %</b>	<b>95,9 %</b>
MW-Glas (Alu-Verschluss)	94,9 %	0,0 %	<b>94,9 %</b>	<b>99,0 %</b>	<b>95,9 %</b>
GKV	80,0 %	15,0 %	<b>68,0 %</b>	<b>88,8 %</b>	<b>76,6 %</b>
Weißblechverschluss	-	-	-	-	-
<b>Verschlüsse lose</b>					
EW-PET ohne Kasten	65,0 %	6,0 %	<b>61,1 %</b>	<b>92,7 %</b>	<b>65,9 %</b>
EW-PET mit Kasten	65,0 %	6,0 %	<b>61,1 %</b>	<b>92,7 %</b>	<b>65,9 %</b>
MW-PET	65,0 %	6,0 %	<b>61,1 %</b>	<b>92,7 %</b>	<b>65,9 %</b>
MW-Glas (Kst.-Verschluss)	65,0 %	6,0 %	<b>61,1 %</b>	<b>92,7 %</b>	<b>65,9 %</b>
MW-Glas (Alu-Verschluss)	95,7 %	10,0 %	<b>86,1 %</b>	<b>90,0 %</b>	<b>95,7 %</b>
GKV	65,0 %	6,0 %	<b>61,1 %</b>	<b>92,7 %</b>	<b>65,9 %</b>
Weißblechverschluss	88,7 %	18,1 %	<b>72,6 %</b>	<b>90,0 %</b>	<b>80,7 %</b>
<b>Rückgewinnung Verschlüsse aus Müllverbrennungsanlagen</b>					
Alu-Verschluss	45,0 %	-	<b>45,0 %</b>	-	-
Weißblechverschluss	50,0 %	-	<b>50,0 %</b>	-	-

Anmerkung:

- a. Für Daten, die bereits in Netto-Mengen eines Materials ausgewiesen sind, ist keine Korrektur um Störstoffe und Restfeuchte notwendig.
- b. Die maximale ökobilanzielle Erfassungsquote beträgt 99 %. Daher werden Werte über 99 % dahingehend korrigiert.

### Optimierungsszenario 2045

Die Erfassung, Sortierung und Recyclingzuführung wird für den größten Teil der Getränkeverpackungen bereits 2030 optimiert sein. Weitere Optimierungen ergeben sich vielmehr durch

- Verbesserungen in der Materialausbeute und
- Qualitätssteigerungen der Rezyklate.

Für das Optimierungsszenario 2045 wird die Recyclingquote für Kunststoffe gemäß den Hintergrunddaten des GreenSupreme-Szenarios auf 75 % erhöht. Diese Änderung hat jedoch nur geringfügige Auswirkungen, da für PET-Flaschen, einen Großteil der Kunststoffverschlüsse sowie Getränkekästen ohnehin höhere Recyclingquoten angenommen werden.

Die folgende Tabelle fasst die Recyclingquoten für das Optimierungsszenario 2045 zusammen.

**Tabelle 68: Quoten für Primärverpackungen im Optimierungsszenario 2045**

Verpackungsgruppe	Quote für die werkstoffliche Verwertung	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korrigiert	Sortierquote entsprechend der Literatur	Errechnete Erfassungsquote
<b>Körper und Etikett</b>					
EW-PET ohne Kasten	97,4 %	0,0 %	97,4 %	100,0 %	97,4 %
EW-PET mit Kasten	99,4 %	0,0 %	99,0 %	100,0 %	99,0 %
MW-PET	99,4 %	0,0 %	99,0 %	100,0 %	99,0 %
MW-Glas	95,9 %	0,0 %	95,9 %	99,0 %	96,9 %
Getränkendose	99,0 %	0,0 %	99,0 %	100,0 %	99,0 %
GKV	85,0 %	15,0 %	72,3 %	88,8 %	81,4 %
<b>Verschlüsse auf Körper</b>					
EW-PET ohne Kasten	97,4 %	0,0 %	97,4 %	100,0 %	97,4 %
EW-PET mit Kasten	99,4 %	0,0 %	99,0 %	100,0 %	99,0 %
MW-PET	99,4 %	0,0 %	99,0 %	100,0 %	99,0 %
MW-Glas (Kst.-Verschluss)	95,9 %	0,0 %	95,9 %	99,0 %	96,9 %
MW-Glas (Alu-Verschluss)	95,9 %	0,0 %	95,9 %	99,0 %	96,9 %
GKV	85,0 %	15,0 %	72,3 %	88,8 %	81,4 %
Weißblech-verschluss	-	-	-	-	-
<b>Verschlüsse lose</b>					
EW-PET ohne Kasten	75,0 %	6,0 %	70,5 %	92,7 %	76,1 %
EW-PET mit Kasten	75,0 %	6,0 %	70,5 %	92,7 %	76,1 %
MW-PET	75,0 %	6,0 %	70,5 %	92,7 %	76,1 %

Verpackungsgruppe	Quote für die werkstoffliche Verwertung	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korrigiert	Sortierquote entsprechend der Literatur	Errechnete Erfassungsquote
MW-Glas (Kst-Verschluss)	75,0 %	6,0 %	70,5 %	92,7 %	76,1 %
MW-Glas (Alu-Verschluss)	95,7 %	10,0 %	86,1 %	90,0 %	95,7 %
GKV	75,0 %	6,0 %	70,5 %	92,7 %	76,1 %
Weißblechverschluss	88,7 %	18,1 %	72,6 %	90,0 %	80,7 %
<b>Rückgewinnung Verschlüsse aus Müllverbrennungsanlagen</b>					
Alu-Verschluss	45,0 %	-	45,0 %	-	-
Weißblechverschluss	50,0 %	-	50,0 %	-	-

Anmerkung:

- Für Daten, die bereits in Netto-Mengen eines Materials ausgewiesen sind, ist keine Korrektur um Störstoffe und Restfeuchte notwendig.
- Die maximale ökobilanzielle Erfassungsquote beträgt 99 %. Daher werden Werte über 99 % dahingehend korrigiert.

### Verschlussrücklaufquote in den Optimierungsszenarien

Das größte Optimierungspotential beim Verschlussrücklauf sind die Umstellungen auf Tethered Caps.

In den Optimierungsszenarien werden die gestiegenen Rücklaufquoten der Primärverpackungen berücksichtigt.

- ▶ Die Rücklaufquote der Einweg-PET-Flaschen ohne Kasten steigt auf 96,3 %. Für PET-Flaschen im Kasten besteht kein Spielraum für Optimierungen.
- ▶ Die Erfassungsquote des Getränkekartons steigt 2030 auf 76,6 %, 2045 auf 81,4 %.
- ▶ Die Verschlussrücklaufquoten auf den Mehrwegflaschen sind nicht mehr in Bezug zur Erfassung der Hauptpackmittel zu setzen, da sie sich aus der zur Verwertung zugeführten Menge ableiten.

Die folgende Tabelle fasst die Verschlussrücklaufquoten unter Berücksichtigung der Erfassung der Primärverpackungen zusammen.

**Tabelle 69: Verschlusrücklaufquoten in den Optimierungsszenarien (unter Berücksichtigung der Erfassungsquote der Primärverpackung)**

Verpackungsgruppe	Optimierungsszenario 2030			Optimierungsszenario 2045		
	Verschlusrücklaufquote auf der Primärverpackung	Verschlusrücklauf lose	Restmüll, Littering	Verschlusrücklaufquote auf der Primärverpackung	Verschlusrücklauf lose	Restmüll, Littering
EW-PET ohne Kasten	94,4 %	4,6 %	1,0 %	94,4 %	4,6 %	1,0 %
EW-PET mit Kasten	97,0 %	2,0 %	1,0 %	97,0 %	2,0 %	1,0 %
MW-PET	90,4 %	4,6 %	5,0 %	90,4 %	4,6 %	5,0 %
MW-Glas (Kst.-Verschluss)	90,4 %	4,6 %	5,0 %	90,4 %	4,6 %	5,0 %
MW-Glas (Alu-Verschluss)	90,4 %	4,6 %	5,0 %	90,4 %	4,6 %	5,0 %
GKV	75,1 %	0,8 %	24,2 %	79,8 %	0,8 %	19,5 %
Weißblechverschluss	0,0 %	81,6 %	18,4 %	0,0 %	81,6 %	18,4 %

Anmerkung: Für bepfandete Einweg-PET-Flaschen wird vereinfacht vom „Verschlusrücklauf lose“ gesprochen. Die dargestellten Werte enthalten jedoch auch aufgeschraubte Verschlüsse, die über die sekundäre Sammlung erfasst werden.

#### 4.2.8.11 Andere Verpackungsbestandteile

Für Um- und Transportverpackungen wird von der vereinfachten Methode Gebrauch gemacht, die Daten aus der abfallwirtschaftlichen Berichterstattung zu verwenden.

##### 4.2.8.11.1 Zusammenfassung der Quoten für Um- und Transportverpackungen in den Basisdaten

###### Basisdaten

Die folgende Tabelle fasst die Quoten aus der abfallwirtschaftlichen Berichterstattung für die folgenden Packmittel zusammen:

- ▶ Kunststofffolien
- ▶ Wellpappetrays
- ▶ Paletten
- ▶ Kunststoffkästen

Bis zum Bezugsjahr 2016 hat die GVM im Auftrag von GDB, DBB, wafg, VdF und PETCYCLE Rückgabeknoten für schwermetallhaltige Kunststoffkästen ermittelt. Die Rückgabeknoten können dabei als Recyclingzuführungsquoten verwendet werden. Dafür spricht, dass die Aussonderung von Flaschenkästen aus dem Kreislauf beim Abfüllbetrieb vollzogen wird.

Aufgrund der hohen Stabilität der Kästen und des Pfandes spielen Verluste im externen Kreislauf kaum eine Rolle. Die Kästen werden entweder

- ▶ im Abfüllbetrieb mittels einer mobilen Mahlstation geschreddert und das Mahlgut weitervertrieben,
- ▶ in einem Mahlbetrieb geschreddert oder
- ▶ direkt an einen Kastenhersteller zum Recycling geliefert.

Die ermittelten Rückgabequoten bewegen sich um die Größenordnung 90 % (GVM 2019, 2020a, 2022b).

Eine Herausforderung bei der Berechnung der Recyclingquote für Getränkekästen ist, dass sich Zukauf und Entsorgung stark unterscheiden können.

Unter Berücksichtigung der Rückmeldungen aus dem Begleitkreis halten die Auftragnehmenden für die in diesem Vorhaben berücksichtigten Getränkesegmente eine werkstoffliche Verwertungsquote von 90 % für realistisch.

### Quoten

Die nachfolgende Tabelle stellt die Recyclingquoten für die Um- und Transportverpackungen in den Basisdaten dar.

**Tabelle 70: Quoten für Um- und Transportverpackungen, Basisdaten**

Verpackungsart	Quote für die werkstoffliche Verwertung	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korrigiert	Sortierquote entsprechend der Literatur	Errechnete Erfassungsquote
Kunststofffolien	60,5 %	8,0 %	55,7 %	92,7 %	60,0 %
Wellpappetrays	88,1 %	0,0 %	88,1 %	90,0 %	97,9 %
Paletten	24,3 %	0,0 %	24,3 %	100,0 %	24,3 %
Kunststoffkästen	90,0 %	0,0 %	90,0 %	100,0 %	90,0 %

Anmerkung:

Die werkstofflichen Verwertungsquoten für Kunststofffolien, Wellpappetrays und Paletten sind aus GVM (2022) bzw. GVM (2020c) entnommen. Die Korrekturfaktoren sind aus der Literatur übernommen.

#### 4.2.8.11.2 Optimierungsszenarien für Um- und Transportverpackungen

Die hohen Erfassungs- und Recyclingquoten von Getränkeverpackungen lassen nur einen geringen Spielraum für Optimierungspotentiale (vgl. Tabelle 71 und Tabelle 72).

Die Optimierungspotentiale bei der Verwertung von Kunststoffkästen liegen insbesondere in

- ▶ der Sammlung und Logistik der Flaschenkästen
- ▶ dem Ausbau von Rücknahmesystemen
- ▶ der Aufbereitung der Recyclingrohstoffe
- ▶ der Rückführung der Recyclingrohstoffe in den Wirtschaftskreislauf.

**Tabelle 71: Quoten für Um- und Transportverpackungen, Optimierungsszenario 2030**

Verpackungsart	Quote für die werkstoffliche Verwertung	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korrigiert	Sortierquote entsprechend der Literatur	Errechnete Erfassungsquote
Kunststofffolien	65,0 %	8,0 %	59,8 %	92,7 %	64,5 %
Wellpappetrays	89,7 %	0,0 %	89,7 %	90,6 %*	99,0 %
Paletten	30,0 %	0,0 %	30,0 %	100,0 %	30,0 %
Kunststoffkästen	95,0 %	0,0 %	95,0 %	100 %	95,0 %

Anmerkung:

Die Korrekturfaktoren sind aus der Literatur übernommen.

\* angepasste Sortierquote

Wie zuvor ausgeführt, nehmen wir im Optimierungsszenario 2045 derzeit nur eine gestiegene Recyclingquote für Kunststoffverpackungen an.

**Tabelle 72: Quoten für Um- und Transportverpackungen, Optimierungsszenario 2045**

Verpackungsart	Quote für die werkstoffliche Verwertung	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korrigiert	Sortierquote entsprechend der Literatur	Errechnete Erfassungsquote
Kunststofffolien	75,0 %	6,0 %	70,5 %	92,7 %	76,1 %
Wellpappetrays	89,7 %	0,0 %	89,7 %	90,6 %*	99,0 %
Paletten	30,0 %	0,0 %	30,0 %	100,0 %	30,0 %
Kunststoffkästen	95,0 %	0,0 %	95,0 %	100,0 %	95,0 %

Anmerkung:

Die Korrekturfaktoren sind aus der Literatur übernommen.

\* angepasste Sortierquote

#### 4.2.8.12 Energetische Verwertung

Die energetische Verwertung von Verpackungsabfällen in MVAs spielt für die hier untersuchten Getränkeverpackungen eine vergleichsweise geringe Bedeutung. Der Vollständigkeit halber wird sie an dieser Stelle bilanziert.

Die energetische Verwertung ergibt sich als Differenz der Verwertung insgesamt und der werkstofflichen Verwertung.

Die folgende Tabelle fasst die energetische Verwertung von Verpackungen nach Verpackungsbestandteilen und Materialien zusammen. Verpackungsmaterialien, die keine kalorischen Werkstoffe darstellen, werden in dieser Übersicht nicht berücksichtigt.

**Tabelle 73: Energetische Verwertung, Basisdaten und Optimierungsszenarien**

	Basisdaten			Optimierungsszenario 2030			Optimierungsszenario 2045		
	Werkstoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Verwertung gesamt	Werkstoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Verwertung gesamt	Werkstoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Verwertung gesamt
<b>Körper, Kunststoffetiketten, Verschlüsse aufgeschraubt</b>									
EW-PET ohne Kasten	97,2 %	<b>2,6 %</b>	99,8 %	97,4 %	<b>2,4 %</b>	99,8 %	97,4 %	<b>2,4 %</b>	99,8 %
EW-PET mit Kasten	99,0 %	<b>0,8 %</b>	99,8 %	99,0 %	<b>0,8 %</b>	99,8 %	99,0 %	<b>0,8 %</b>	99,8 %
MW-PET	99,0 %	<b>0,8 %</b>	99,8 %	99,0 %	<b>0,8 %</b>	99,8 %	99,0 %	<b>0,8 %</b>	99,8 %
Getränkendose	99,0 %	0,3 %	99,3 %	99,0 %	0,3 %	99,3 %	99,0 %	0,3 %	99,3 %
GKV	65,9 %	<b>33,7 %</b>	99,6 %	68,0 %	<b>31,6 %</b>	99,6 %	72,3 %	<b>27,4 %</b>	99,6 %
<b>Etiketten</b>									
Papieretiketten	93,9 %	<b>5,8 %</b>	99,8 %	94,9 %	<b>4,8 %</b>	99,7 %	95,9 %	<b>3,8 %</b>	99,7 %
<b>Verschlüsse lose</b>									
Kunststoffverschlüsse	56,9 %	<b>42,8 %</b>	99,7 %	61,1 %	<b>38,6 %</b>	99,7 %	70,5 %	<b>29,2 %</b>	99,7 %
Aluminiumverschlüsse	86,1 %	<b>10,8 %</b>	96,9 %	86,1 %	<b>10,8 %</b>	96,9 %	86,1 %	<b>10,8 %</b>	96,9 %
<b>Um- und Transportverpackungen</b>									
Kunststofffolien	55,7 %	<b>44,0 %</b>	99,7 %	59,8 %	<b>39,9 %</b>	99,7 %	70,5 %	<b>29,2 %</b>	99,7 %
Wellpappetrays	88,1 %	<b>11,7 %</b>	99,8 %	89,7 %	<b>10,1 %</b>	99,8 %	89,7 %	<b>10,1 %</b>	99,8 %
Paletten	24,3 %	<b>73,9 %</b>	98,2 %	30,0 %	<b>68,2 %</b>	98,2 %	30,0 %	<b>68,2 %</b>	98,2 %
Kunststoffkästen	90,0 %	<b>9,7 %</b>	99,7 %	95,0 %	<b>4,7 %</b>	99,7 %	95,0 %	<b>4,7 %</b>	99,7 %

## 4.2.9 Transportentfernungen

### 4.2.9.1 Grundlagen

Die Mindestanforderungen definieren zwei mögliche Methoden zur Ermittlung der Transportentfernungen:

- ▶ Befragungsorientierter Ansatz
- ▶ Verbrauchsorientierter Ansatz

#### Befragungsorientierter Ansatz

Beim befragungsorientierten Ansatz stehen die unternehmensspezifischen Transportentfernungen eines Jahres im Fokus. Die Voraussetzung ist, dass eine repräsentative Stichprobe aus den relevanten Abfüllbetrieben gezogen wird.

#### Verbrauchsorientierter Ansatz

Die regionale Streuung des Verbrauchs der verschiedenen Packmittel steht beim verbrauchsorientierten Ansatz im Mittelpunkt. Den verbrauchten Packmitteln wird ein Abfüller zugeordnet und so die Distanz zwischen dem Ort der Abfüllung und dem Ort des Konsums ermittelt (Vgl. Detzel et al. 2016, S. 286ff.).

#### Vorgehensweise in diesem Vorhaben

Der Umfang der ökobilanziellen Untersuchung ermöglicht keine eigenständige Erhebung der Transportentfernungen, die den Vorgaben der Mindestanforderungen genügt. Im Rahmen des Vorhabens werden daher Daten aus vorliegenden Studien aufbereitet, bewertet und auf die aktuellen Gegebenheiten angepasst. Es wird davon ausgegangen, dass die Unsicherheiten bei einer vereinfachten Erhebung der Transportentfernungen höher sind, als bei der Verwendung und Anpassung vorhandener Daten.

#### Zusammensetzung der Transportentfernung bei Mehrweg-Getränkeverpackungen

Die Transportentfernung der Mehrweg-Getränkeverpackungen setzt sich aus vier möglichen Teilstrecken zusammen:

- ▶ Distribution: Transport von Verpackung und Füllgut vom Abfüllort zur Verkaufsstelle
- ▶ Redistribution: Transport des Leerguts von der Verkaufsstelle zum Abfüllort
- ▶ Leerfahrten: Leerfahrten treten auf, wenn auf die Lieferung von Voll- oder Leergut kein Transport von Leer- bzw. Vollgut erfolgt.
- ▶ Austauschfahrten: Transport von Mehrwegflaschen zwischen verschiedenen Mehrweg-Abfüllern

#### Zusammensetzung der Transportentfernung bei Einweg-Getränkeverpackungen

Die Transportentfernung der Einweg-Getränkeverpackungen setzt sich aus drei möglichen Teilstrecken zusammen:

- ▶ Distribution: Transport von Verpackung und Füllgut vom Abfüllort zur Verkaufsstelle

- ▶ Rückführung: Transport der zurückgelaufenen Einweg-Getränkeverpackungen in die Zentralläger<sup>20</sup>
- ▶ Leerfahrten: Leerfahrten können bei der Distribution von Einweg-Getränkeverpackungen auftreten, da in den Zentrallägern oder im Getränkefachgroßhandel kein Tausch gegen Leergut stattfindet.

#### 4.2.9.2 Vorgehensweise

##### Datengrundlage Deloitte-Studie

Zwischen 2012 und 2013 hat die Unternehmensberatung Weihenstephan GmbH, ein Tochterunternehmen von Deloitte Consulting, im Auftrag des BVE und HDE in der Studie „Umlaufzahlen und Transportentfernungen in der Getränkeindustrie“ Daten bei abfüllenden Betrieben erhoben und diese mit GfK-Daten zum Konsum von Getränken verknüpft. (Deloitte 2013)<sup>21</sup> Aus dem Datengerüst wurden die Transportentfernungen ermittelt.

Im Ergebnis differenzieren die Autoren\*Autorinnen zwischen

- ▶ Bier, Wässern und Erfrischungsgetränken,
- ▶ Verpackungsgruppen,
- ▶ Mehrweg-Individual- und -Pool-Flaschen sowie
- ▶ Größenklassen der Abfüller.

##### Kritik an der Deloitte-Studie

Teile der Getränkebranche kritisieren die verwendete Methode und die Ergebnisse der Deloitte-Studie. Die zentralen Kritikpunkte beziehen sich auf die folgenden Aspekte (vgl. Mehrweg-Allianz 2014):

- ▶ Die verwendeten Marktforschungsdaten bilden nur einen Teil des Gesamtmarkts ab.
- ▶ Rücktransporte wurden pauschal wie Hinfahrten betrachtet, optimierte Rückfahrten mit mehr Leergut wurden nicht berücksichtigt.
- ▶ Neutrale Ladungsträger, die den Rücktransport von Mehrwegflaschen erleichtern, wurden nicht berücksichtigt.
- ▶ Die Redistribution von Mehrwegkästen für Einweg-PET-Flaschen wurde nicht berücksichtigt.
- ▶ Der Transport der Einweg-Getränkeverpackungen vom Zentrallager bis zur Recyclinganlage ist in den Transportentfernungen nicht enthalten.
- ▶ Der Korrekturfaktor für den Rücktransport und den Flaschentausch zwischen Mehrwegabfüllern ist intransparent ermittelt.

##### Diskussion: Umrechnung auf ein Drei-Punkt-Modell

Transportentfernungen können grundsätzlich über die folgenden Modelle ermittelt werden:

- ▶ Zwei-Punkt-Modell

---

<sup>20</sup> Der Transport an den Zentrallägern zur Entsorgung wird bei der Entsorgung bilanziert.

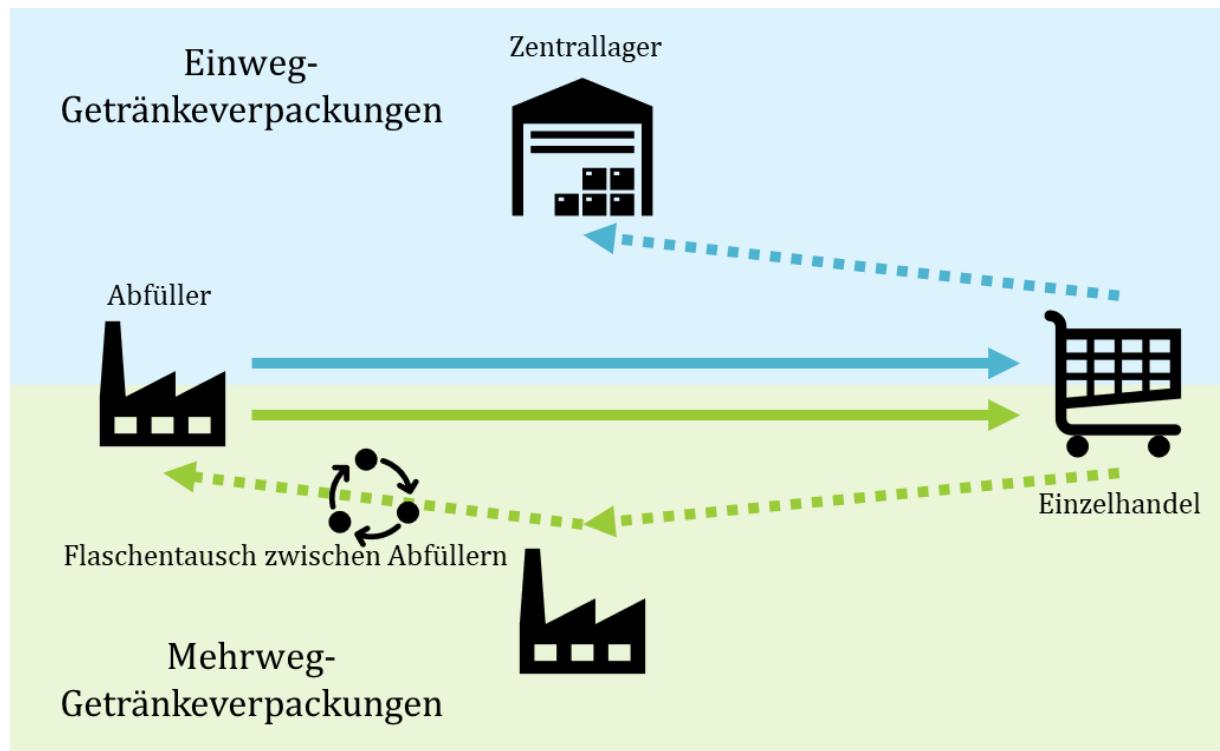
<sup>21</sup> im Folgenden: Deloitte-Studie

► Drei-Punkt-Modell

Die Deloitte-Studie verwendet ein Zwei-Punkt-Modell zur Berechnung der Transportentfernungen, wie die folgende Abbildung zeigt. Die verwendeten Punkte sind die Abfüllstandorte und die Gemeinden, in denen die Getränke gekauft wurden.

Die folgende Abbildung zeigt vereinfacht die Streckenabschnitte, die in der Deloitte-Studie untersucht werden.

**Abbildung 69: Untersuchte Streckenabschnitte der Deloitte-Studie zu Transportentfernungen**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Im Drei-Punkt-Modell wird ein weiterer Punkt ergänzt: Die Zwischenstation des Getränkefachgroßhandels bzw. der Zentralläger. Das Modell bildet die reale Distribution besser ab, weil

- der Transport zum GFGH bzw. Zentrallager und vom GFGH bzw. Zentrallager in die Einzelhandelsfilialen in der Regel mit unterschiedlichen LKWs erfolgt
- die Direktbelieferung des Einzelhandels durch Abfüller praktisch nicht stattfindet.

Vor dem Hintergrund ist die Umrechnung in das Drei-Punkt-Modell grundsätzlich sinnvoll, da so die tatsächlichen Distributionsbedingungen besser abgebildet werden.

Die Autoren\*Autorinnen der Deloitte-Studie haben eine Umrechnungsformel ermittelt. Diese Formel wurde anhand von Unternehmensbeispielen überprüft (Vgl. Deloitte 2013).

**Umrechnungsformel in ein Drei-Punkt-Modell**

$$\text{Transportentfernung}_{\text{Drei-Punkt-Modell}} = \text{Transportentfernung}_{\text{Zwei-Punkt-Modell}} \times 1,04 + 14 \text{ km}$$

Aus Sicht der Auftragnehmenden ist die Umrechnungsformel jedoch nicht ausreichend belegt. Die Umrechnung lässt sich zudem ohne die Primärdaten nicht validieren. In diesem Vorhaben

werden die ermittelten Transportentfernungen daher nicht in das Drei-Punkt-Modell umgerechnet.

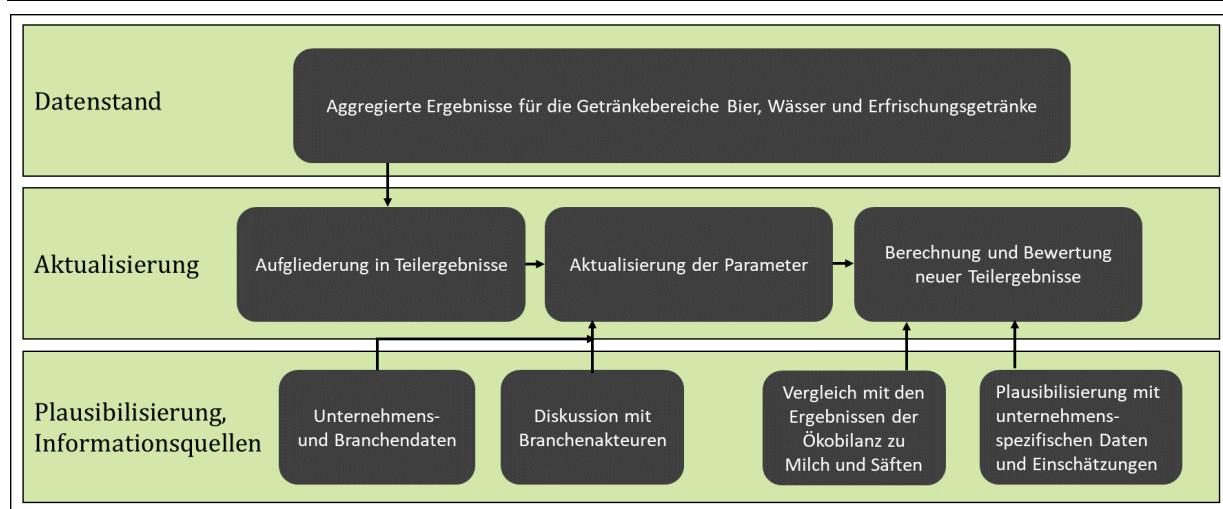
### Einfluss auf die ökobilanzielle Analyse

Die Differenzierung der Transportentfernung in die Abschnitte Abfüller – GFGH/Zentrallager und GFGH/Zentrallager – Handel ist nicht mehr notwendig, da die Unterschiede der Schadstoffklassen der eingesetzten LKWs nur noch geringfügig sind. Dieser Umstand bestätigt die Verwendung des Zwei-Punkt-Modells.

### Übersicht der Vorgehensweise

Das folgende Schaubild gibt einen Überblick, wie in diesem Vorhaben im Themengebiet der Transportentfernungen vorgegangen wird:

**Abbildung 70: Vorgehensweise zur Bestimmung der Transportentfernungen**



Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

Einzelne Arbeitsschritte werden in den folgenden Abschnitten weiter ausgeführt.

### Aufgliederung in Teilergebnisse

In der Deloitte-Studie werden die Ergebnisse über alle Streckenabschnitte aggregiert ausgewiesen.

Für die weiteren Bearbeitungsschritte ist es jedoch wichtig, die einzelnen Streckenabschnitte zu differenzieren. Im Methodenteil der Deloitte-Studie werden Hinweise auf die Berechnung der einzelnen Streckenabschnitte gegeben. Auf der Basis dieser Informationen werden die Ergebnisse in die folgenden Streckenabschnitte gegliedert:

- ▶ Transport zum POS
- ▶ Redistribution Leergut (nur Mehrweggetränkeverpackungen)
- ▶ Rückführung Einweggetränkeverpackungen
- ▶ Leerfahrt
- ▶ Austauschfahrt

## Aktualisierung der Parameter

In den vergangenen Jahren haben sich einige Parameter, die den Deloitte-Ergebnissen zugrunde liegen, verändert:

- ▶ Der Anteil der Individualgebinde hat zugenommen.
- ▶ Der Flaschentausch hat zugenommen.

Die genannten Parameter werden auf der Basis von Literaturdaten, unternehmensspezifischen Daten und qualitativer Interviewergebnisse aktualisiert.

Unternehmensspezifische Informationen zu den Transportentfernungen der Verpackungssysteme dienen als Vergleich zu den ermittelten Ergebnissen, um diese zu plausibilisieren.

## Vergleich mit Ergebnissen anderer Studien

Die Ergebnisse werden insbesondere mit zwei Studien zu Transportentfernungen bei Getränkeverpackungen verglichen:

- ▶ Transportentfernungen in den Getränkesegmenten Saft und Milch
- ▶ Transportentfernungen im Getränkesegment Bier

Für die ökobilanzielle Analyse von Getränkekartonverpackungen wurden für die Getränkesegmente Saft und Milch Transportentfernungen bestimmt (Vgl. Marktsensor 2016).

Die Ergebnisse sind nicht auf die in diesem Vorhaben untersuchten Getränkesegmente übertragbar. Die Systematik des Vorgehens und einige Teilergebnisse können jedoch zur Plausibilisierung herangezogen werden.

Ein wesentlicher methodischer Unterschied zur Deloitte-Studie besteht darin, dass von Marktsensor ein Drei-Punkt-Modell verwendet wird. Das heißt, die Entfernung zwischen dem Abfüller und dem GFGH bzw. den Zentrallägern und zwischen dem GFGH bzw. den Zentrallägern und den Einzelhandelsfilialen wird separat berechnet.

Die Studie zu Transportentfernungen im Getränkesegment Bier wurde vor der Deloitte-Studie durchgeführt (Vgl. GVM 2011). Bestandteil der Studie waren ausschließlich die Transportentfernungen zum POS. Die Redistribution und der Flaschentausch wurden nicht untersucht. Für den Untersuchungsgegenstand der Hinfahrten können die Ergebnisse jedoch zu Vergleichszwecken und zur Plausibilisierung herangezogen werden.

### 4.2.9.3 Basisdaten

#### 4.2.9.3.1 Aufschlüsselung der Transportentfernungen der Deloitte-Studie

Die Transportentfernungen aus der Deloitte-Studie sind in der folgenden Tabelle – soweit als möglich – differenziert ausgewiesen.

**Tabelle 74: Übersicht und Zusammensetzung der Transportentfernung nach der Deloitte-Studie**

Getränke- segment	Verpackungsgruppe	Transport zum POS	Redistribution Leergut	Rückführung Einweg	Leerfahrt	Austauschfahrt	Summe in km
Wässer	MW Glas Pool	120,4	120,4			1,2	242,0
	MW Glas Individual	172,6	172,6			1,7	346,2
	MW PET Pool	116,9	116,9			1,2	235,0
	MW PET Individual	183,1	183,1			1,8	368,0
	EW PET	230,0		35,0			265,0
Erfrischungsgetränke	MW Glas Pool	121,4	121,4			1,2	244,0
	MW Glas Individual	130,8	130,8			1,3	263,0
	MW PET Pool	200,0	200,0			2,0	402,0
	MW PET Individual	81,6	81,6			0,8	164,0
	EW PET	227,0		35,0			262,0
Bier	Getränkendose	297,0		35,0			332,0
	MW Glas Pool	194,0	194,0			31,0	419,0
	MW Glas Individual	248,6	248,6			39,8	537,0
	EW PET	425,0		35,0			460,0
	Getränkendose	292,0		35,0			327,0

Quelle: GVM, eigene Berechnung nach Deloitte (2013)

#### **4.2.9.3.2 Anpassung der Transportentfernungen**

Die Notwendigkeit zur Anpassung der Transportentfernungen der Deloitte-Studie an die aktuellen Marktgegebenheiten besteht in den folgenden Punkten:

- ▶ Redistributionsentfernung von Mehrweg-Getränkeverpackungen
- ▶ Austauschfahrten der Mehrweggebinde
- ▶ Rückfahrten der Einweggetränkeverpackungen zum Zentrallager oder GFGH
- ▶ Berücksichtigung von Leerfahrten
- ▶ Anpassung der Transportentfernung für Mehrweg-Individualflaschen im Getränkesegment Wässer

#### **Redistributionsentfernungen Mehrweg**

Mehrweg-Poolsysteme zeichnen sich dadurch aus, dass jeder Akteur, der dem Pool zugehört, die eingesetzten Poolgebinde wiederbefüllen kann. Unter idealen Bedingungen ist die Redistribution kürzer als die Distribution, da das Leergut zum nächstgelegenen Abfüller geliefert wird. Dieser Argumentation stehen jedoch Absprachen und Verträge gegenüber, die einen 1:1-Tausch von Voll- und Leergut zwischen einem Abfüller und dem Getränkefachgroßhandel oder Zentrallägern regeln.

An der Annahme, dass die Redistributionsentfernung der Mehrweg-Poolsysteme der Distributionsentfernung entspricht, wird in den Basisdaten festgehalten. Eine verkürzte Redistribution für Mehrweg-Poolsysteme wird jedoch für die Optimierungsszenarien diskutiert (Vgl. Kapitel 4.2.9.4).

#### **Austauschfahrten der Mehrweggebinde**

Der abgeleitete Faktor für die Redistribution von Mehrwegverpackungen ist nicht ausreichend begründet, um in die ökobilanzielle Untersuchung einbezogen zu werden (Vgl. Detzel et al. 2016, S. 459).

Die Austauschfahrten stehen im Vordergrund der Überarbeitung. Im nachfolgenden Kapitel wird die Vorgehensweise zur Ermittlung der Austauschfahrten diskutiert.

#### **Rückfahrten der Einweggetränkeverpackungen zum Zentrallager oder GFGH**

Die Transportentfernungen der Rückfahrten in der Deloitte-Studie sind aus der Ökobilanz im Auftrag der IK Industrievereinigung Kunststoffverpackungen abgeleitet. Die Transportentfernung ist daher nochmals zu validieren. Es ist anzumerken, dass die Rückfahrt der Einweggetränkeverpackungen zum Zentrallager oder dem GFGH eine geringe Auswirkung auf die ökobilanzielle Bewertung der Verpackungssysteme hat.

#### **Berücksichtigung des Transports zu Zählzentren**

Einweggetränkeverpackungen, die in Kiosken, Tankstellen oder anderen Kleinstverkaufsstellen zurückgegeben werden, sammeln die Betreiber meist unkomprimiert und liefern diese zu Zählzentren.

Es ist nicht abschließend geklärt, ob der Transport zu den Zählzentren in den in der Deloitte-Studie angenommenen Transportentfernungen berücksichtigt wurde.

2021 hatten 16 Unternehmen eine Zulassungsvereinbarung als Zählzentrenbetreiber mit der DPG unterschrieben (Vgl. DPG 2021).

Der Rückgang der Zählzentren in den vergangenen Jahren zeigt verschiedene Entwicklungen:

- ▶ Der Anteil der Einweggetränkeverpackungen, die in Zählzentren eingelesen und komprimiert werden, hat abgenommen.
- ▶ Die durchschnittliche Transportentfernung zu den Zählzentren hat sich erhöht.

Die Einführung mobiler Zählzentren führt wiederum dazu, dass die Transportentfernungen tendenziell abnehmen.

## Leerfahrten

Leerfahrten treten auf, wenn auf einen Transport mit Voll- oder Leergut kein Transportprozess folgt, der einem anderen Prozess zugeordnet werden kann (Vgl. Detzel et al. 2016).

Im Rahmen des Vorhabens wird auf die Erkenntnisse zu Leerfahrten aus der UBA-Studie „Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen“ zurückgegriffen. Demnach werden Leerfahrten wie folgt berücksichtigt:

- ▶ Für Mehrweggetränkeverpackungen fallen keine Leerfahrten an, sofern die Redistributionsentfernung der Hinfahrt entspricht.
- ▶ Für Einweggetränkeverpackungen wird die Leerfahrt über einen Faktor kalkuliert. Der Faktor ergibt sich aus der Summe der Leerkilometer an der gesamten Gütertransportleistung im Fernbereich (Vgl. Detzel et al. 2016)

Nach Ergebnissen des Kraftfahr-Bundesamts ergibt sich ein Anteil der Leerfahrten in Höhe von 14,5 % an der gesamten Gütertransportleistung (Kraftfahrt-Bundesamt 2021).

## Transportentfernung für Mehrweg-Individualflaschen im Getränkesegment Wässer

Nach Rückmeldungen von Akteuren des Begleitkreises ist die Transportentfernung für Mehrweg-Individualflaschen im Getränkesegment Wässer (Transport zum POS: 173 km) nicht mehr haltbar.

Die überregionale und nationale Distribution habe insbesondere aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten bei Mehrweg-Glasflaschen stark an Bedeutung verloren. Die große Differenz zwischen der Transportentfernung im Poolsystem und den Individualsystemen sei daher zu hoch.

## Anpassung

Im Rahmen der Studie wird die Einschätzung der Akteure des Begleitkreises gefolgt und die Transportentfernung für Mehrweg-Individualflaschen im Getränkesegment Wässer auf 130 km reduziert.

### 4.2.9.3.3 Berücksichtigung der Austauschfahrten

Die Austauschfahrten für Mehrwegverpackungen stehen im Vordergrund der Überarbeitung der Transportentfernungen.

## Rückblick

Austauschfahrten wurden in den zurückliegenden Ökobilanzen oder Studien zu Transportentfernnungen entweder vollständig ausgeblendet oder nur am Rande berücksichtigt.

Von verschiedenen Akteuren werden die insbesondere ökonomischen Herausforderungen des Flaschentauschs kritisiert, der in den vergangenen rund zehn Jahren massiv zugenommen hat.

## Unterscheidung der Pool- und Individualsysteme

Die Differenzierung in Pool- und Individualsysteme erfolgte bisher auf der Ebene der Flaschen (vgl. Kapitel 4.2.2 „Auswahl der Verpackungssysteme“). Im Bereich der Transportentfernungen ist jedoch die Unterscheidung von Pool- und Individualkästen von Bedeutung. Sofern keine Sortierung „auf der Strecke“ stattfindet, bspw. durch den Getränkefachgroßhandel, erhalten die Abfüller ihre Getränkekästen. In den Getränkekästen befinden sich neben den „richtigen“ Flaschen auch Fremdflaschen. Die Flaschen müssen daher sortiert werden.

Stark vereinfacht erfolgt die Redistribution wie folgt, wenn keine Sortierung „auf der Strecke“ stattfindet:

1. Rückgabe
2. Sortierung von Kästen
3. Rückführung von Kästen zum Abfüller
4. Sortierung der Flaschen
5. Austausch Fremdflaschen
6. Abfüllung

Die Austauschfahrten finden überwiegend als Austausch der Fremdflaschen statt. Der Austausch von Fremdkästen ist vergleichsweise gering.

Folgende Kombinationen aus Flaschen und Kästen sind möglich:

- ▶ Poolflasche und Poolkästen
- ▶ Poolflasche und Individualkästen
- ▶ Individualflasche und Poolkästen (oder andere neutrale Ladungsträger)
- ▶ Individualflasche und Individualkästen

### Definition: Vollständiges Poolsystem

Im Rahmen der Distribution definieren wir ein vollständiges Poolsystem als Kombination von Poolflaschen mit Poolkästen.

## Einflussfaktoren auf die Austauschfahrten

Grundsätzlich haben die beiden folgenden Faktoren einen Einfluss auf die Entfernung der Austauschfahrten:

- ▶ Anteil der Fremdflaschen
- ▶ Transportentfernung für den Flaschentausch

## Einfluss der Absatzstrukturen der Abfüller auf den Flaschentausch

Der Fremdflaschenanteil hängt von der Absatzstruktur der Abfüller ab. Bei Abfüllern in Individualsystemen, die einen großen Anteil an die Gastronomie liefern, ist der Fremdflaschenanteil geringer als bei Abfüllern in Poolsystemen, die nur zum geringen Anteil an die Gastronomie liefern. Das ist darauf zurückzuführen, dass das Leergut in der Gastronomie besser sortiert wird als im Getränkefach- und Lebensmitteleinzelhandel.

## Zurechnung der Austauschfahrten

Austauschfahrten können auf unterschiedliche Arten den verschiedenen Mehrwegsystemen zugeordnet werden. In diesem Vorhaben werden die Austauschfahrten entsprechend den Transportentfernungen den verschiedenen Systemen zugerechnet. Das bedeutet, dass die

Austauschfahrt jeweils dem Mehrwegsystem zugerechnet wird, in dem die ausgetauschte Flasche erneut gefüllt wird.

### **Austauschfahrten als Faktor**

Die Austauschfahrten können auf zwei Arten berücksichtigt werden:

- ▶ als Faktor der Redistributionsentfernung
- ▶ als absolute Transportentfernung

Für die Berücksichtigung eines Faktors spricht, dass bei einer zunehmenden Regionalisierung auch die Transportentfernung der Austauschfahrten geringer wird, da die Variantenvielfalt abnimmt.

### **Messpunkt des Fremdflaschenanteils für den Flaschentausch**

Die Anzahl der Flaschen für den Tausch kann an verschiedenen Messpunkten ermittelt werden:

- ▶ Leergefache je Getränkekasten
- ▶ Fremdflaschenanteil je Kasten oder Palette
- ▶ Anteil der Flaschen am gesamten Rücklauf, der getauscht wird

Bei den beiden erstgenannten Punkten müssen die externen Verluste und die interne Weiterverwendung von Fremdflaschen berücksichtigt werden.

#### **Interne Weiterverwendung von Fremdflaschen**

Als Fremdflasche wird zunächst jede Flasche definiert, die nicht in den Getränkekästen gehört, weil sie sich in Form, Farbe oder dem genutzten Pool unterscheidet. Eine Fremdflasche in einem Getränkekasten wird aber nicht zwangsläufig mit einem anderen Abfüller getauscht. Sofern die Flasche abfüllerintern weiter genutzt werden kann, weil ein Abfüller in verschiedenen Mehrwegflaschen abfüllt, muss sie nicht extern mit anderen Abfüllern getauscht werden. Abfüller, die ihre Getränke in eine Vielzahl von Flaschenformen abfüllen, können folglich mehr Fremdflaschen intern weiterverwenden als Abfüller, die wenige Flaschenformen für ihre Getränke verwenden.

Im Rahmen dieser Studie wurde auf den letztgenannten Messpunkt zurückgegriffen: Den Anteil der getauschten Flaschen am gesamten Rücklauf. Dieser Messpunkt hat den Vorteil, dass bei den Angaben zum Fremdflaschenanteil je Getränkekasten nicht zwischen Flaschen für die interne Weiterverwendung und Flaschen für den externen Tausch differenziert werden muss.

Da die Erhebung der Daten im Rahmen des Vorhabens nicht möglich war, wurde auf Befragungsergebnisse aus der Datenabfrage und Experteninterviews zurückgegriffen.

### **Ergebnisse Bier**

Im Getränkesegment Bier kommt dem Flaschentausch über Sortierdienstleister eine wichtige Rolle zu.

Folgende Annahmen liegen der Berechnung der Tauschfahrten zugrunde:

- ▶ Der Anteil der Fremdflaschen, die mit anderen Brauereien getauscht werden, beträgt 15 %.
- ▶ Der Direkttausch zwischen Abfüllern und der Flaschentausch über Sortierdienstleister wird jeweils hälftig berücksichtigt.

- Der Fremdflaschentausch teilt sich zu 50 % auf Poolflaschen und zu 50 % auf Individualflaschen auf.

### Notwendigkeit der Verdichtung

Insbesondere im Getränkesegment Bier können Tauschfahrten nur auf einer sehr aggregierten Ebene beschrieben werden. Das ist darauf zurückzuführen, dass

- sich der Anteil der Fremdflaschen, die getauscht werden müssen, je nach Brauerei sehr stark unterscheidet. Die Anteile bewegen sich von unter 10 % zu über 25 %.
- manche Brauereien verkaufen die Fremdflaschen ausschließlich an Sortierdienstleister, während andere Brauereien nahezu ausschließlich direkt mit Abfüllern tauschen.

Für den Flaschentausch wurden die folgenden Transportentfernungen angenommen:

- Flaschentausch zwischen zwei Pool-Abfüllern: 75 % der Redistributionsentfernung Pool
- Flaschentausch zwischen zwei Individual-Abfüllern: 75 % der Redistributionsentfernung Individual, da es zum Teil eine starke Regionalisierung der Individualabfüller gibt
- Flaschentausch zwischen Individual- und Pool-Abfüllern: Redistribution Individualflaschen
- Transportentfernung Sortierdienstleister an Pool-Abfüller: Redistributionsentfernung Poolflaschen
- Transportentfernung Sortierdienstleister an Individual-Abfüller: Redistributionsentfernung Individualflaschen

Die folgende Tabelle fasst die durchschnittlichen Transportentfernungen für den Flaschentausch im Getränkesegment Bier zusammen.

**Tabelle 75: Transportentfernungen für den Flaschentausch im Getränkesegment Bier**

Verpackungsgruppe	Durchschnittliche Transportentfernung für den Flaschentausch	Anteil der Transportentfernung an der Redistributionsentfernung
MW Glas Pool	29,3 km	15,1 %
MW Glas Individual	35,0 km	14,1 %

### Ergebnisse Wässer

Auf der Basis verschiedener Expertengespräche wird ein Anteil von 2 % Fremdflaschen angenommen, die mit anderen Abfüllern getauscht werden.

Folgende Annahmen wurden zugrunde gelegt:

- MW Glas Pool: Der Austausch erfolgt überwiegend zwischen Abfüllern in Pool- und Individualflaschen. Tauschfahrten zwischen zwei Abfüllern in Poolflaschen werden nur für Poolflaschen angenommen, die nur ein Teil der Abfüller im Pool einsetzen, z.B. die 0,7 l Glas-Perlenflasche.
- MW PET Pool: Der Austausch erfolgt ausschließlich zwischen Abfüllern in Pool- und Individualflaschen.

- ▶ MW Glas Individual: Der Flaschentausch erfolgt sowohl mit Abfüllern in Pool-Flaschen als auch mit Abfüllern in Individualflaschen. Die Anzahl der getauschten Flaschen mit Abfüllern in Pool-Flaschen ist größer.
- ▶ MW PET Individual: Der Flaschentausch erfolgt sowohl mit Abfüllern in Pool-Flaschen als auch mit Abfüllern in Individualflaschen. Die Anzahl der getauschten Flaschen mit Abfüllern in Pool-Flaschen ist größer.
- ▶ Sortierdienstleister: Über Sortierdienstleister werden überwiegend Individualflaschen getauscht.

Für den Flaschentausch zwischen zwei Pool-Abfüllern wurde die Redistributionsentfernung für Poolflaschen angenommen. Für den Flaschentausch mit Individual-Abfüllern wurden die Redistributionsentfernungen für Individualflaschen angenommen.

#### Einschränkung

Vereinfachend wurde an dieser Stelle angenommen, dass bei einer Tauschfahrt nicht sowohl PET-Flaschen als auch Glasflaschen transportiert werden.

Die folgende Tabelle enthält die durchschnittlichen Transportentfernungen für den Flaschentausch sowie den Anteil der Transportentfernungen an der Redistribution.

**Tabelle 76: Transportentfernungen für den Flaschentausch im Getränkesegment Wässer**

Verpackungsgruppe	Durchschnittliche Transportentfernung für den Flaschentausch	Anteil der Transportentfernung an der Redistributionsentfernung
MW Glas Pool	3,2 km	2,7 %
MW PET Pool	3,7 km	3,1 %
MW Glas Individual	2,6 km	2,0 %
MW PET Individual	3,7 km	2,0 %

#### Ergebnisse Erfrischungsgetränke

Für den Tausch der Mehrwegflaschen für Erfrischungsgetränke werden die gleichen Annahmen wie für den Tausch bei Wasser-Mehrwegflaschen zugrunde gelegt.

Die folgende Tabelle enthält die durchschnittlichen Transportentfernungen für den Flaschentausch sowie den Anteil der Transportentfernungen an der Redistribution.

**Tabelle 77: Transportentfernungen für den Flaschentausch im Getränkesegment Erfrischungsgetränke**

Verpackungsgruppe	Durchschnittliche Transportentfernung für den Flaschentausch	Anteil der Transportentfernung an der Redistributionsentfernung
MW Glas Pool	2,6 km	2,1 %
MW PET Pool	2,1 km	1,0 %
MW Glas Individual	2,6 km	2,0 %
MW PET Individual	1,6 km	2,0 %

## Vergleich mit der Deloitte-Studie

Die berechneten Entfernungswerte der Tauschfahrten sind grundsätzlich mit den Ergebnissen aus der Deloitte-Studie vereinbar.

- ▶ Für Bier-Mehrwegflaschen liegen die Transportentfernungswerte für den Flaschentausch leicht unter den Ergebnissen der Deloitte-Studie (16 % der Redistributionsentfernung).
- ▶ Für Wässer und Erfrischungsgetränke kommen die Autoren\*Autorinnen der Deloitte-Studie auf geringere Transportentfernungswerte (1 % der Redistributionsentfernung).

Unterschiede können zurückgeführt werden auf

- ▶ Entwicklungen im Markt der Getränkeverpackungen, z.B. den Anteil der Individualflaschen
- ▶ die Methode zur Bestimmung der Tauschfahrten, die in der Deloitte-Studie nicht ausführlich dargestellt wird.

### 4.2.9.3.4 Übersicht der Transportentfernungswerte

#### Anpassung der Deloitte-Daten

Basierend auf den Ausführungen im vorherigen Unterkapitel werden die Ergebnisse der Deloitte-Studie in den folgenden Punkten angepasst:

- a) Für Einweg-Getränkeverpackungen werden Leerfahrten ergänzt. Die Entfernung der Leerfahrten entspricht 14,5 % der Hinfahrten.
- b) Die im vorherigen Abschnitt ermittelten Faktoren für den Flaschentausch werden berücksichtigt und ersetzen die Faktoren aus der Deloitte-Studie (1 % bei Wässern und Erfrischungsgetränken und 16 % bei Bier).

#### Aggregation von Pool- und Individualflaschen

Für die Aggregation der Verpackungssysteme werden die Ergebnisse zum Anteil der Mehrweg-Individualflaschen aktualisiert. Die Ergebnisse werden nachgelagert aggregiert, so dass die Pool- und Individual-Mehrwegsysteme differenziert bewertet werden.

#### Vergleich mit den Deloitte-Ergebnissen

Die folgende Tabelle fasst die Basisdaten der Transportentfernungswerte zusammen.

Verglichen mit den ursprünglichen Ergebnissen

- ▶ erhöhen sich die Transportentfernungswerte für Einweggetränkeverpackungen um rund 13 % und
- ▶ verändern sich die Transportentfernungswerte für Mehrweggetränkeverpackungen um rund ein Prozent.

**Tabelle 78: Basisdaten Transportentfernungen (in km)**

Getränke- segment	Verpackungsgruppe	Transport zum POS in km	Redistribution Leergut in km	Rückführung Einweg in km	Leerfahrt in km	Austauschfahrt in km	Summe in km
Wässer	MW Glas Pool	120,4	120,4			3,2	<b>244,0</b>
	MW Glas Individual	130,0	130,0			2,6	262,6
	MW PET Pool	116,9	116,9			3,7	<b>237,5</b>
	MW PET Individual	183,1	183,1			3,7	<b>369,9</b>
	EW PET	230,0		35,0	33,4		<b>298,4</b>
Erfischungsgetränke	MW Glas Pool	121,4	121,4			2,6	<b>245,4</b>
	MW Glas Individual	130,8	130,8			2,6	<b>264,2</b>
	MW PET Pool	200,0	200,0			2,1	<b>402,1</b>
	MW PET Individual	81,6	81,6			1,6	<b>164,8</b>
	EW PET	227,0		35,0	32,9		<b>294,9</b>
Bier	Getränkendose	297,0		35,0	43,1		<b>375,1</b>
	MW Glas Pool	194,0	194,0			29,3	<b>417,3</b>
	MW Glas Individual	248,6	248,6			35,0	<b>532,2</b>
	EW PET	425,0		35,0	61,6		<b>521,6</b>
	Getränkendose	292,0		35,0	42,3		<b>369,3</b>

#### 4.2.9.3.5 Andere Verpackungssysteme

Die Deloitte-Studie deckt einzelne Verpackungssysteme, deren Optimierungspotentiale in dieser Studie ökobilanziell bewertet werden, nicht ab. Diese sind

- ▶ kastengestützte Einweg-PET-Flaschen und
- ▶ Getränkekartonverpackungen für stille Getränke.

Für diese Verpackungssysteme müssen die Transportentfernungen folglich anderweitig abgeleitet werden.

##### Kastengestützte Einweg-PET-Flaschen

Für die kastengestützte Distribution der 1,0 Liter Einweg-PET-Flaschen hat PETCYCLE in der UBA-Studie „Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen“ eine Transportentfernung von jeweils 106 km für die Distribution zum POS und die Redistribution des Leerguts angegeben.

Im Rahmen der Datenabfrage für die hier vorliegende Studie hat PETCYCLE eine einfache Transportentfernung von 100 km angegeben. Die Angaben decken sich in der Größenordnung mit der Transportentfernung von 106 km aus 2016 (Vgl. Detzel et al. 2016).

##### Berücksichtigte Distributionsstrecken

Obwohl es sich bei den Getränkeflaschen um Einwegflaschen handelt, orientiert sich die Zusammensetzung der Transportentfernungen an den Mehrweg-Verpackungssystemen.

Grund ist, dass die Distribution in der Regel über das Mehrweg-Kastensystem erfolgt.

Die Rückführung von Einzelflaschen, die nicht kastengestützt redistribuiert werden, muss ebenfalls berücksichtigt werden. Hierbei wird die Annahme zugrunde gelegt, dass 10 % der Flaschen nicht kastengestützt zurücklaufen. Für diesen nicht-kastengestützten Rücklauf nehmen wir die Rückführungsstrecke der Einweggetränkeverpackungen (35 km) an.

Für die ökobilanzielle Bewertung können für die kastengestützten Einweg-PET-Systeme folgende Transportentfernungen angewendet werden:

- ▶ Distribution zum POS: 100 km
- ▶ Redistribution Leergut: 100 km
- ▶ Rückführung Einweg: 3,5 km
- ▶ Leerfahrt –
- ▶ Austauschfahrt: -
- ▶ Summe Transportentfernung: 203,5 km

##### Getränkekartonverpackung für stille Getränke

Mangels empirischer Daten sind die Transportentfernungen für stille Getränke in Getränkekartonverpackungen auf eine andere Weise abzuleiten. Die Anwendung der folgenden Transportentfernungen ist möglich:

- ▶ Transportentfernung für Erfrischungsgetränke in Einweg-PET-Getränkeflaschen
- ▶ Transportentfernung für Säfte in Getränkekartonverpackungen

### Anwendung der Transportentfernungen

Die Übertragung der Transportentfernung auf ein anderes Verpackungssystem kann ausschließlich die Größenordnung der Transportentfernungen bestimmen.

Die folgende Tabelle vergleicht die zuvor genannten Transportentfernungen, die potenziell auf Erfrischungsgetränke im Getränkekarton übertragen werden können.

**Tabelle 79: Transportentfernungen für Erfrischungsgetränke in Einweg-PET-Flaschen nach Deloitte und Fruchtsäfte im Getränkekarton nach MarktSensor im Vergleich**

Quelle	Transport zum POS in km	Leerfahrt in km	Summe in km
Deloitte 2013, angepasst	227,0	32,9	259,9
MarktSensor 2016	332,4	107,9	440,3

Anmerkung: MarktSensor differenziert zwischen einer verpackungsspezifischen und einer getränkesegmentsspezifischen Distributionsstruktur. Zur Vereinfachung wird hier nur eine Distributionsstruktur dargestellt (verpackungsspezifisch). Die Transportentfernung in der getränkesegmentsspezifischen Distributionsstruktur ist durch längere Leerfahrten 32 km länger.

Bei der Anwendung der Transportentfernung für Erfrischungsgetränke in Einweg-PET-Flaschen ist jedoch zu beachten, dass sich neben den abgefüllten Getränken insbesondere die Abfüllerstruktur unterscheidet. Sowohl überwiegend national agierende Unternehmen als auch Unternehmen mit einem regionaleren Absatzmarkt füllen in Einweg-PET-Flaschen ab.

Für die Anwendung der Transportentfernung von Fruchtsäften in Getränkekartonverpackungen ist aus methodischer Sicht darauf hinzuweisen, dass die Transportentfernungen bei der Verwendung der MarktSensor-Ergebnisse systematisch höher sind als bei der Verwendung der Deloitte-Ergebnisse, da MarktSensor die Berechnung im Drei-Punkt-Modell durchgeführt hat.

Die Auftragnehmer schlagen aus den folgenden Gründen vor, die angepassten Ergebnisse der Deloitte-Studie für Erfrischungsgetränke im Getränkekarton anzuwenden:

- ▶ Die Transportentfernung passt besser in die Gesamtsystematik der Transportentfernungen.
- ▶ Die Transportentfernung für Erfrischungsgetränke im Getränkekarton stellt keinen Ausreißer nach oben dar.
- ▶ Die MarktSensor-Ergebnisse waren für das Segment Milch besonders belastbar.

#### 4.2.9.3.6 Vergleich und Plausibilisierung der Basisdaten

##### Vergleich mit GVM-Ergebnissen zu Transportentfernungen für Bier-Mehrwegflaschen

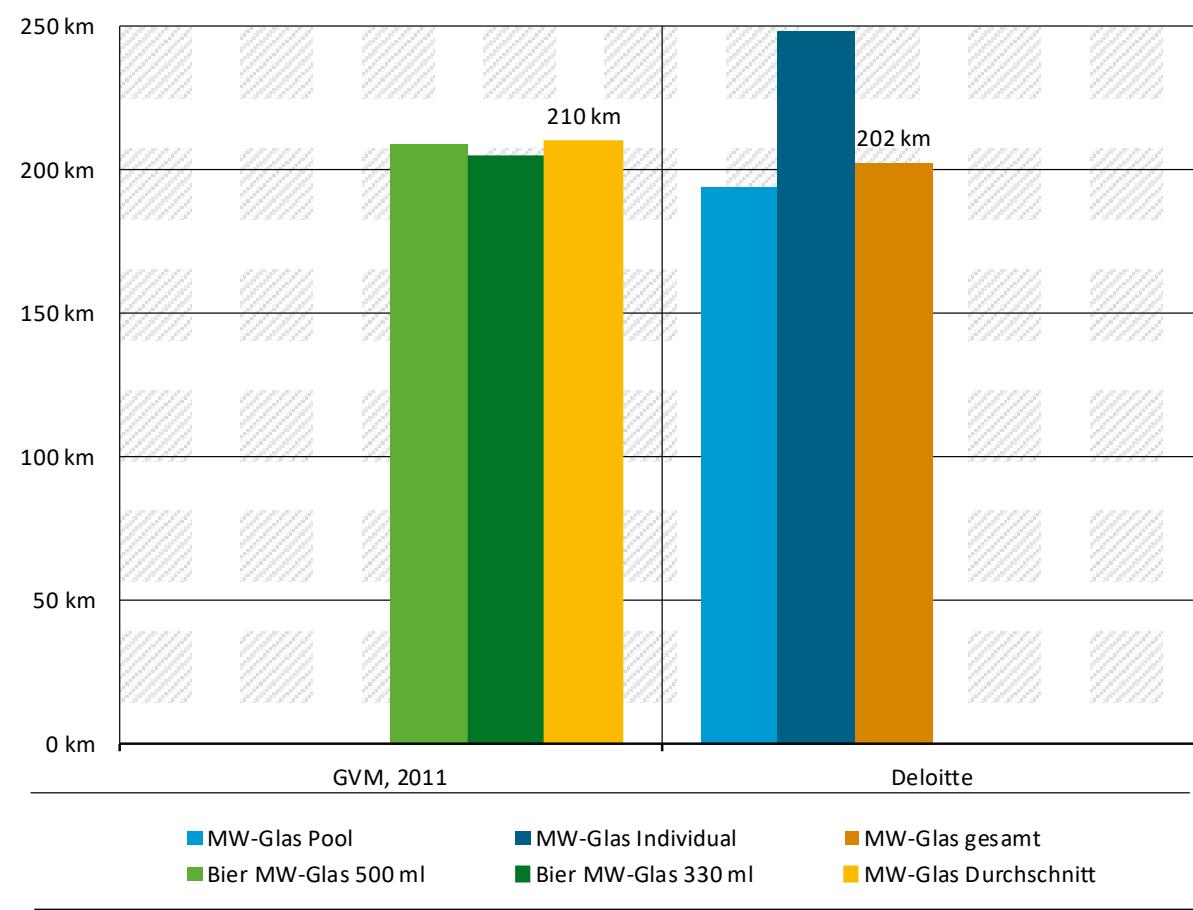
Im Auftrag der BCME hat die GVM für das Bezugsjahr 2010 Transportentfernungen für Bier und Biermischgetränke in Mehrweg-Glasflaschen ermittelt (Vgl. GVM 2011). Die Ergebnisse können zum Teil mit den von Deloitte ermittelten Ergebnissen verglichen werden. Gleichwohl unterscheiden sich beide Studien an einigen Stellen:

- ▶ Die GVM-Studie ermittelt ausschließlich die Transportentfernung zwischen dem Ort der Abfüllung und dem Ort des Konsums. Die Redistribution ist nicht Gegenstand der Studie. Die Deloitte-Ergebnisse enthalten sowohl die Distribution zum Ort des Konsums als auch die Redistribution und Austauschfahrten. Folglich lassen sich nachfolgend nur die eigens berechneten Deloitte-Teilergebnisse zur Hinfahrt mit den Ergebnissen der GVM-Studie vergleichen.

- Die GVM-Studie differenziert nach Bier und Biermischgetränken sowie den beiden wichtigsten Füllgrößen 500 ml und 330 ml. Die Deloitte-Studie hingegen unterscheidet nur nach Mehrweg-Pool- und Mehrweg-Individualflaschen. Aufschlüsselungen nach Bier und Biermischgetränken oder Füllgrößen sind nicht enthalten. Folglich lassen sich nachfolgend nur die Ergebnisse für den Gesamtmarkt miteinander vergleichen.

Die nachfolgende Abbildung stellt die Ergebnisse der GVM- und der Deloitte-Studie zur Transportentfernung für Mehrweg-Glasflaschen im Getränkesegment Bier gegenüber.

**Abbildung 71: Vergleich der Transportentfernungen für Bier-Mehrwegflaschen GVM (2011) und Deloitte**



Quelle: GVM (2011), Deloitte (2013), eigene Berechnungen, eigene Darstellung

Anmerkung: In der durchschnittlichen Transportentfernung der GVM-Studie sind auch die Teilergebnisse zu Biermischgetränken enthalten, die hier nicht separat ausgewiesen sind.

Nach der GVM-Studie werden Mehrweg-Glasflaschen im Getränkesegment Bier durchschnittlich 210 km zum Ort des Konsums transportiert. Mit 202 km ermittelt die Deloitte-Studie eine geringere Transportdistanz. Die Abweichung der Transportentfernungen zwischen den beiden Studien beträgt 4 %. Die Studien kommen damit zu einem ähnlichen Ergebnis.

#### 4.2.9.4 Optimierungsszenarien

##### Annahmen zu den veränderten Rahmenbedingungen im GreenSupreme-Szenario

Die Veränderung der Rahmenbedingungen im Bereich der Distribution beziehen sich auf drei Aspekte:

- ▶ **Verteilung des Güterverkehrs auf Straße, Schiene und Wasser:** In den ermittelten Optimierungsszenarien gehen wir davon aus, dass die Distribution von Getränken weiterhin zum überwiegenden Teil über den Straßengüterverkehr stattfindet. Einzelne Abfüller forcieren für Langstreckentransport den Umstieg von der Straße auf die Schiene. Den Optimierungsszenarien liegt jedoch weiterhin die Annahme zugrunde, dass Getränke zum überwiegenden Teil auf der Straße transportiert werden.
- ▶ **Veränderung der Antriebstechnologien:** Die Veränderungen der Antriebstechnologien haben Anpassungen der Prozessdaten zur Folge.
- ▶ **Transportdistanzen:** Das Szenario unterstellt eine regionale Verteilung der Produktionsstätten und des Handels. Der Importanteil von Lebensmitteln und Getränken sinkt. Auf mögliche Entwicklungen hin zu einer weiteren Regionalisierung des Marktes für Getränkeverpackungen wird nachfolgend eingegangen.

#### **Entwicklungspotentiale**

Die Getränkebranche arbeitet an Optimierungen der Datenverfügbarkeit und -verarbeitung, Vernetzung von Prozessen und Logistik. Fortschritte in diesen Bereichen werden zukünftig einen starken Einfluss auf die Voll- und Leergutströme haben. Das kann beispielsweise die sortenreine Zuordnung von Leergut ermöglichen und so die Redistribution im Mehrwegbereich vereinfachen.

Die Fortschritte in diesen Bereichen sind zwar absehbar, die Auswirkungen auf die Transportentfernnungen von Getränkeverpackungen jedoch mit sehr großen Unsicherheiten verbunden.

#### **Zunehmender Einsatz vollständiger Poolsysteme**

Im Rahmen der Entwicklungspotentiale soll auch auf die Auswirkungen eines zunehmenden Einsatzes vollständiger Poolsysteme eingegangen werden.

Im Optimierungsszenario 2045 wird angenommen, dass vermehrt vollständige Poolsysteme eingesetzt werden. Die Folgen sind:

- ▶ Die Redistribution der Poolflaschen und -kästen erfolgt nicht mehr in jedem Fall bis zum Abfüller, sondern zum Teil zum nächstgelegenen Abfüller des Poolsystems.
- ▶ Es ist dann nicht mehr zutreffend, dass die Redistribution der Hinfahrt entspricht.
- ▶ Der Effekt verstärkt sich durch das Tracking von Flaschenströmen.

Bei der Verkürzung der Redistributionsentfernung ist zu berücksichtigen, dass

- ▶ der Abschlag bei kurzen Transportentfernungen geringer ausfallen muss als bei langen Transportentfernungen. Das ist darauf zurückzuführen, dass die Transportentfernung zwischen GFGH bzw. Zentrallager und Handelsfiliale bei kurzen Transportentfernungen stärker ins Gewicht fällt.
- ▶ der Direktvertrieb an den Handel oder die Gastronomie von dem Abschlag weitgehend ausgenommen werden muss, da die Rückgabe im 1:1-Prinzip erfolgt.

Die Anwendung eines prozentualen Abschlags ist vor diesem Hintergrund sinnvoll.

In den Optimierungsszenarien werden folgende Abschläge für Mehrweg-Pool-Systeme angewendet:

- ▶ Wässer: 12 %

- ▶ Erfrischungsgetränke: 15 %
- ▶ Bier: 20 %

### Neutrale Ladungsträger

Im Getränkesegment Bier ist eine stärkere Reduzierung der Redistribution möglich, wenn die Marktbedeutung neutraler Ladungsträger stark zunimmt.

### Bewertung verschiedener Entwicklungen

Verschiedene mögliche Entwicklungen wirken sich in den Optimierungsszenarien auf die Transportentfernung einzelner Streckenabschnitte oder der gesamten Distribution aus. Die folgende Tabelle stellt einige Entwicklungen und die angenommenen Auswirkungen dar.

**Tabelle 80: Einfluss verschiedener Entwicklungen auf die Transportentfernungen**

Getränkesegment / Verpackungsgruppe	Entwicklung / Aussage	Einfluss auf Streckenabschnitt	Einfluss auf Transportentfernungen
Einweg & Mehrweg	Es kommt zu einer Konsolidierung der Abfüller.	Gesamte Distribution	+++
Bier Mehrweg	Der Verbrauch von Craft Beer steigt an.	Gesamte Distribution	---
Mehrweg	Getränkeflaschen werden verstärkt in Mehrstückverpackungen oder als Einzelflaschen verkauft.	Redistribution, Austauschfahrten	+++
Mehrweg	Getränkekästen werden verstärkt durch neutrale Ladungsträger ersetzt.	Redistribution, Austauschfahrten	---
Einweg & Mehrweg	Der Marktanteil regionaler Getränkesspezialitäten nimmt zu.	Gesamte Distribution	---
Einweg & Mehrweg	Große Abfüller konsolidieren ihre Abfüllstandorte.	Gesamte Distribution	+++
Mehrweg	Der Handel verstärkt die Vorsortierung des Leerguts.	Redistribution, Austauschfahrten	---
Mehrweg	Die Sortierung „auf der Strecke“ nimmt weiter zu (durch GFGH oder Sortierdienstleister).	Austauschfahrten	---
Einweg & Mehrweg	Die Transportkosten steigen stark an.	Gesamte Distribution	---
Einweg & Mehrweg	Die Energiekosten verteuern den Transport von Gütern.	Gesamte Distribution	---
Mehrweg	Die eingesetzten Mehrwegflaschen werden harmonisiert.	Redistribution, Austauschfahrten	---
Mehrweg	Die Flaschenströme (Voll- und Leergut) werden zunehmend getrackt und optimiert.	Redistribution, Austauschfahrten	---
Einweg	Die Anzahl der Zentralläger nimmt zu.	Transport zum POS	---
Einweg & Mehrweg	Die Anzahl der GFGH-Standorte nimmt ab.	Gesamte Distribution	+++
Mehrweg	Die Füllgrößen und Verpackungsformen werden harmonisiert.	Gesamte Distribution	---

Legende:

+++ bedeutet, dass die Transportentfernungen ansteigen.

--- bedeutet, dass die Transportentfernungen sinken.

### **Entwicklung der Transportentfernungen in den Optimierungsszenarien**

Die Effekte in den Optimierungsszenarien sind gegenläufig. Einige Entwicklungen werden Druck auf die Distribution auslösen, andere vereinfachen die Distribution und führen zu geringeren Transportentfernungen.

Insbesondere vor dem Hintergrund der steigenden Energiepreise gehen die Auftragnehmer davon aus, dass sich die Transportentfernungen reduzieren werden:

- ▶ 2030 um 5 % im Vergleich zu den Basisdaten und
- ▶ 2045 um 12 % im Vergleich zu den Basisdaten.

Auf Einweg- und Mehrweggetränkeverpackungen wirken sich die Reduzierungen der Transportentfernungen unterschiedlich stark aus:

- ▶ Bei Einweg-Getränkeverpackungen reduzieren sich die Transportentfernung bis zum Handel sowie die Leerfahrten.
- ▶ Bei Mehrweg-Getränkeverpackungen reduziert sich sowohl die Transportentfernung zum Handel als auch die Transportentfernung der Redistributions- und der Austauschfahrten.

Die folgenden beiden Tabellen stellen die Transportentfernungen in den Optimierungsszenarien nach Verpackungsgruppen und Streckenabschnitten dar.

**Tabelle 81: Optimierungsszenario 2030: Transportentfernungen (in km)**

Getränke- segment	Verpackungsgruppe	Transport zum POS in km	Redistribution Leergut in km	Rückführung Einweg in km	Leerfahrt in km	Austauschfahrt in km	Summe in km
Wässer	MW Glas Pool	114,4	100,7			2,7	217,7
	MW Glas Individual	123,5	123,5			2,5	249,5
	MW PET Pool	111,1	97,7			3,1	211,9
	MW PET Individual	173,9	173,9			3,5	351,4
	EW PET ohne Kasten	218,5		35,0	31,7		285,2
Erfrischungsgetränke	EW PET mit Kasten	95,0	95,0	3,5			193,5
	MW Glas Pool	115,3	98,0			2,1	215,5
	MW Glas Individual	124,3	124,3			2,5	251,0
	MW PET Pool	190,0	161,5			1,7	353,2
	MW PET Individual	77,5	77,5			1,6	156,6
	EW PET ohne Kasten	215,7		35,0	31,3		281,9
	EW PET mit Kasten	95,0	95,0	3,5			193,5
	Getränkendose	282,2		35,0	40,8		358,1
	Getränkekarton	215,7			31,3		281,9
	MW Glas Pool	184,3	147,4			22,3	354,0
Bier	MW Glas Individual	236,2	236,2			33,3	505,6
	EW PET	403,8		35,0	58,5		497,3
	Getränkendose	277,4		35,0	40,2		352,6

**Tabelle 82: Optimierungsszenario 2045: Transportentfernungen (in km)**

Getränke- segment	Verpackungsgruppe	Transport zum POS in km	Redistribution Leergut in km	Rückführung Einweg in km	Leerfahrt in km	Austauschfahrt in km	Summe in km
Wässer	MW Glas Pool	106,0	93,2			2,5	201,7
	MW Glas Individual	114,4	114,4			2,3	231,1
	MW PET Pool	102,9	90,5			2,8	196,2
	MW PET Individual	161,1	161,1			3,2	325,5
	EW PET ohne Kasten	202,4		35,0	29,3		266,7
Erfrischungsgetränke	EW PET mit Kasten	88,0	88,0	3,5			179,5
	MW Glas Pool	106,8	90,8			1,9	199,6
	MW Glas Individual	115,1	115,1			2,3	232,5
	MW PET Pool	176,0	149,6			1,5	327,1
	MW PET Individual	71,8	71,8			1,4	145,1
Bier	EW PET ohne Kasten	199,8		35,0	29,0		263,7
	EW PET mit Kasten	88,0	88,0	3,5			179,5
	Getränkendose	261,4		35,0	37,9		334,3
	Getränkekarton	199,8			29,0		228,7
	MW Glas Pool	170,7	136,6			20,6	327,9

## Veränderung der Transportentfernungen

Die folgende Tabelle fasst abschließend die Veränderung der Transportentfernung zusammen.

**Tabelle 83: Entwicklung der Transportentfernungen (in km)**

Getränke- segment	Verpackungsgruppe	Basisdaten	Optimierungsszenario 2030	Optimierungsszenario 2045
Wässer	MW Glas Pool	244,0	217,7	201,7
	MW Glas Individual	262,6	249,5	231,1
	MW PET Pool	237,5	211,9	196,2
	MW PET Individual	369,9	351,4	325,5
	EW PET ohne Kasten	298,4	285,2	266,7
	EW PET mit Kasten	203,5	193,5	179,5
Erfrischungsgetränke	MW Glas Pool	245,4	215,5	199,6
	MW Glas Individual	264,2	251,0	232,5
	MW PET Pool	402,1	353,2	327,1
	MW PET Individual	164,8	156,6	145,1
	EW PET ohne Kasten	294,9	281,9	263,7
	EW PET mit Kasten	203,5	193,5	179,5
Bier	Getränkendose	375,1	358,1	334,3
	Getränkekarton	259,9	246,9	228,7
	MW Glas Pool	417,3	354,0	327,9
	MW Glas Individual	532,3	505,6	468,4
	EW PET	521,6	497,3	463,2
	Getränkendose	369,3	352,6	329,2

## 4.3 Ergänzende Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für das Getränkesegment Säfte und Nektare

### Vorbemerkungen

Im Laufe der Projektarbeit wurde auf Grund der Bitte einiger Vertreter\*innen aus dem Begleitkreis der Studie entschieden, die Untersuchung der Verpackungssysteme in den Getränkesegmenten Wässer, Erfrischungsgetränke und Bier um das Getränkesegment Säfte und Nektare zu erweitern. In diesem Kapitel werden die Ergebnisse für das ergänzende Getränkesegment und die Vorgehensweise zur Ermittlung der Ergebnisse dargestellt, soweit sich diese von der Vorgehensweise bzw. den Ergebnissen für erstere Getränkesegmente unterscheiden. Allgemeine Informationen zur Verpackungsspezifikation finden sich im voranstehenden Kapitel 4.2 „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“.

### 4.3.1 Auswahl der Verpackungssysteme

Entsprechend dem vorherigen Abschnitt folgt ein Überblick der unterschiedlichen technischen Anforderungen an Getränkeverpackungssysteme des Getränkesegments Säfte und Nektare.

#### 4.3.1.1 Definitionen und Abgrenzungen

##### 4.3.1.1.1 Definition der Marktebene

Wie auch für die anderen Getränkesegmente wird der Getränkeverbrauch in Deutschland als Marktebene definiert und für den Untersuchungszusammenhang nur Getränke als relevant betrachtet, die im trinkfertigen Zustand abgepackt und distribuiert werden.

##### 4.3.1.1.2 Einbezogene Füllgrößen

Gegenstand der Untersuchung sind alle Füllgrößen bis einschließlich zehn Liter.

Füllgrößen über zehn Liter, meist spezielle Verpackungsvarianten wie Post- und Premix, Galionen für Wasserspender sowie Fassware oder Getränke in Bag-in-Box mit einem Füllvolumen von über 10 Litern bleiben unberücksichtigt, da sie hauptsächlich im gewerblichen Bereich eingesetzt werden.

Unabhängig von der Ausnahmeregelung für die Füllvolumina von weniger als 0,1 Liter und von mehr als 3,0 Liter, für die gemäß § 31 Abs. 4 Nr. 2 und Nr. 3 VerpackG die Pfandpflicht aufgehoben ist, wird der Mehrweganteil von allen Füllgrößen bis einschließlich zehn Litern in den Getränkesegmenten, die grundsätzlich einer Pfandpflicht unterliegen, einbezogen.

##### 4.3.1.1.3 Einbezogene Getränkesegmente

Maßgeblich für die Abgrenzung der relevanten Getränkearten ist die Definition von Getränken nach dem Verpackungsgesetz (VerpackG).

Dazu wird im § 3 Abs. 2 der Begriff der Getränkeverpackung definiert:

„(...) Getränkeverpackungen sind geschlossene oder überwiegend geschlossene Verkaufsverpackungen für flüssige Lebensmittel (...), die zum Verzehr als Getränk bestimmt sind.“<sup>22</sup>

#### Abgrenzung der untersuchten Getränkesegmente

Die Auswahl der einbezogenen Getränkearten eines Getränkesegmentes orientiert sich an der Systematik der Studie „Bundesweite Erhebung von Daten zum Verbrauch von Getränken in Mehrweggetränkeverpackungen“ (vgl. GVM 2021).

Die Einordnung von Säften und Nektaren erfolgt gemäß der Fruchtsaft- und Erfrischungsgetränkeverordnung (FrSaftErfrischGetrV).

- ▶ In der FrSaftErfrischGetrV wird die Abgrenzung zwischen Erfrischungsgetränken und Säften und Nektaren festgelegt (vgl. § 2 und § 3 FrSaftErfrischGetrV). Analog hierzu werden die Gemüsesäfte und -nektare eingeordnet.
- ▶ Frucht-Smoothies werden, soweit sie ausschließlich aus Früchten oder Gemüse hergestellt sind, wie Säfte behandelt und sind daher in die Untersuchung mit einbezogen.

#### 4.3.1.1.4 Parameter zur Beschreibung der Packmittel

Die Parameter zur Beschreibung der Packmittel und die Methode zur Auswahl der Verpackungssysteme ist im vorherigen Abschnitt beschrieben.

<sup>22</sup> VerpackG § 3 Abs. 2 (2017)

Im Folgenden werden ausschließlich die Ergebnisse der Verpackungsauswahl dargestellt.

#### **4.3.1.2 Auswahl relevanter Verpackungsgruppen**

Auf Grundlage der Daten aus der GVM-Getränkemarktforschung werden für das Getränke-  
segment die Verpackungsgruppen anhand der in den Mindestanforderungen für Getränke-  
ökobilanzen definierten Schwellen identifiziert.

Die Verbrauchsmengen beziehen sich auf Marktdaten für das Bezugsjahr 2020.

Die Übersicht zeigt drei Verpackungsgruppen, die jeweils mehr als 5 % des Füllgutverbrauchs  
des Getränkesegmentes Fruchtsäfte und -nektare aufweisen und zusammen 94% des  
Getränkeverbrauchs abdecken (vgl. GVM 2022b).

- ▶ Einweg-PET-Getränkeflaschen (PET EW)
- ▶ Getränkekartonverpackungen (GKV)
- ▶ Mehrweg-Glasflaschen (Glas MW)

#### **4.3.1.3 Auswahl relevanter Verpackungssegmente**

Für jede Getränkeverpackungsgruppe wird die marktbedeutende Füllgröße untersucht.  
Zusätzlich sind diejenigen Füllgrößen einbezogen, die mehr als 25 % des Füllgutverbrauchs der  
Verpackungsgruppe oder mehr als 5 % des Füllgutverbrauchs des Getränkesegments aufweisen.

Die marktbedeutende Füllgröße in allen Verpackungsgruppen ist 1,0 Liter. Das  
Verpackungssystem EW-PET 1,5 l macht mehr als 5 % des Gesamtverbrauchs aus und ist  
zusätzlich zu berücksichtigen.

Die folgenden Verpackungssysteme werden ökobilanziell bewertet:

- ▶ 1,0 l PET-Einwegflasche
- ▶ 1,5 l PET-Einwegflasche
- ▶ 1,0 l Getränkekartonverpackung
- ▶ 1,0 l Glas-Mehrwegflasche (VdF-Enghalsflasche)

Von den vier ausgewählten Verpackungssystemen sind drei Einwegsysteme.

In der Verpackungsgruppe Glas-Mehrwegflasche wird die VdF-Pool-Enghalsflasche mit der  
Füllgröße 1,0 l berücksichtigt. Am Gesamtaufkommen der 1,0-l-Glas-Mehrwegflaschen haben die  
1,0 l-VdF-Pool-Enghalsflaschen einen Marktanteil von 94 %<sup>23</sup>. Im Rahmen dieser Studie werden  
die folgenden Verpackungssysteme nicht betrachtet:

- ▶ 1,0 l Glas Mehrweg-Individual-Enghalsflaschen: Der Anteil der Individual-Enghalsflaschen  
am Getränkeverbrauch in Mehrweg-Enghalsflaschen ist nicht marktrelevant. Die 1,0 l-VdF-  
Pool-Flasche hat einen Marktanteil von über 99 % am Getränkeverbrauch der 1,0 l-  
Mehrweg-Enghalsflaschen.<sup>24</sup>

---

<sup>23</sup> Der Marktanteil der 1,0 l-VdF-Flasche wurde von der GVM im Zuge der bundesweiten Erhebung von Daten zur Einweg- und Mehrwegabfüllung von Getränken für das Jahr 2020 ermittelt.

<sup>24</sup> Der Marktanteil der 1,0 l-VdF-Flasche wurde von der GVM im Zuge der bundesweiten Erhebung von Daten zur Einweg- und Mehrwegabfüllung von Getränken für das Jahr 2020 ermittelt.

- 1,0 l Glas-Mehrweg-Individual-Weithalsflaschen mit Bajonettverschlüssen: Die Weithalsflaschen liegen unterhalb der in den Mindestanforderungen definierten Schwellenwerte.

Auf eine Aggregation von verschiedenen 1,0-l-Mehrwegflaschentypen wird daher verzichtet.

#### **4.3.2 Beschreibung und Spezifikation der Verpackungssysteme**

Im Rahmen der ökobilanziellen Analyse ist eine umfassende Beschreibung der ausgewählten Verpackungssysteme erforderlich. Ziel ist, die unterschiedlichen technischen und logistischen Anforderungen an Getränkeverpackungssysteme aufzuzeigen. Im vorangegangenen Abschnitt wurde das Vorgehen bei der Beschreibung der Verpackungssysteme im Detail erläutert.

Anhand der Kategorien in der folgenden Tabelle werden die Verpackungssysteme für das Getränkesegment Säfte und Nektare beschrieben:

**Tabelle 84: Parameter für die Beschreibung der Verpackungssysteme**

Kategorie	Mögliche Ausprägung
<b>Getränkesegmente (auch potentielle Einsatzbereiche)</b>	Fruchtsäfte, Fruchtnektare, Gemüsesäfte, Gemüsetrunk, Smoothies
<b>System</b>	Einweg, Mehrweg
<b>Klassifikation</b>	Geschlossener MW-Pool, Offener MW-Pool, MW Individual, EW mit MW-Kasten, EW ohne MW-Kasten
<b>Packstoff</b>	Glas, Kunststoff, Aluminium, Verbundmaterial ...
<b>Packmitteltyp</b>	Flasche, Dose, Folie, Getränkekarton...
<b>Füllgrößen</b>	1.500 ml, 1.250 ml, 1.000 ml, 750 ml, 700 ml, 500 ml, 330 ml, 250 ml...
<b>Kohlensäuregehalt des abgefüllten Getränks</b>	mit Kohlensäure, ohne Kohlensäure
<b>Lichtempfindlichkeit des abgefüllten Getränks</b>	lichtempfindlich, nicht lichtempfindlich
<b>Sauerstoffempfindlichkeit des abgefüllten Getränks</b>	sauerstoffempfindlich, nicht sauerstoffempfindlich

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

#### **4.3.3 Basisdaten und Optimierungsszenarien: Übersicht und Datenabfrage im Begleitkreis**

Die Basisdaten wurden zunächst überwiegend aus der Literatur abgeleitet. Die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl der verfügbaren Fachliteratur, die zu den unterschiedlichen ökobilanziellen Themenschwerpunkten vorhanden ist.

**Tabelle 85: Auswahl relevanter Fachliteratur zur Bearbeitung der Basisdaten**

Kategorie	Quelle	Bezugsjahr
Rezyklateinsatz	GVM (2020): Aufkommen und Verwertung von PET-Getränkeflaschen in Deutschland	2019, Bezugsjahr 2021 in Bearbeitung
	GVM (2022): Verfügbarkeit und Bedarf von rPET für den Einsatz in Lebensmittelverpackungen in Deutschland vor dem Hintergrund der gesetzlichen Pflichten und der Einsatzzusagen von Unternehmen bis 2025	2019, 2025p unveröffentlicht
Rücklaufquoten Einweggetränkeverpackungen	GVM (2020): Aufkommen und Verwertung von PET-Getränkeflaschen in Deutschland 2019	2019, Bezugsjahr 2021 in Bearbeitung
	GVM (2018): Rücklaufquoten von Kunststoffverschlüssen auf Einweg-Getränkeverpackungen aus Kunststoff	2017
Verwertungswege	GVM (2020): Aufkommen und Verwertung von PET-Getränkeflaschen in Deutschland	2019, Bezugsjahr 2021 in Bearbeitung
	GVM (2022): Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland für verschiedene Bezugsjahre	Seit 1997, Bezugsjahr 2020, veröffentlicht
Verwertungsquoten / Recyclingquoten	GVM (2022): Verfügbarkeit und Bedarf von rPET für den Einsatz in Lebensmittelverpackungen in Deutschland vor dem Hintergrund der gesetzlichen Pflichten und der Einsatzzusagen von Unternehmen bis 2025	2019, 2025p unveröffentlicht
	GVM (2020): Aufkommen und Verwertung von PET-Getränkeflaschen in Deutschland 2019	2019, Bezugsjahr 2021 in Bearbeitung
	GVM (2022): Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland für verschiedene Bezugsjahre	Seit 1997, Bezugsjahr 2020, veröffentlicht
Transportentfernungen	Deloitte (2013): Umlaufzahlen und Transportentfernungen in der Getränkeindustrie, Dezember 2013	2012/2013
	Marktsensor (2016): Distributionsentfernungen von Getränkeverpackungen 2015/2016, 2016	2015/2016
Umlaufzahlen	Deloitte (2013): Umlaufzahlen und Transportentfernungen in der Getränkeindustrie, 2013	2012/2013
	Ifeu (2020): Ökobilanzielle Betrachtung von Getränkeverbundkartons in Deutschland	2015
Abfüllmengen, Entwicklung der Abfüllmengen	GVM (2022): Bundesweite Erhebung von Daten zum Verbrauch von Getränken in Mehrweggetränkeverpackungen	2020, Veröffentlichung in der 2. Jahreshälfte 2022

Kategorie	Quelle	Bezugsjahr
	GVM: Bundesweite Erhebung von Daten zum Verbrauch von Getränken in Mehrweg- und ökologisch vorteilhaften Einwegverpackungen in Deutschland	Verschiedene Bezugsjahre, bis 2018
	GVM: Packmittelstruktur von Fruchtsäften und Nektaren	Verschiedene Bezugsjahre

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

#### 4.3.3.1 Optimierungspotentiale

Die Optimierungen beziehen sich auf verschiedene ökobilanzielle Parameter der Verpackungssysteme. Das Vorgehen bei der Identifikation der Optimierungspotentiale ist im entsprechenden Abschnitt des vorangegangenen Berichtsteiles beschrieben.

#### 4.3.3.2 Datenabfrage im Begleitkreis

Die Daten für die Optimierungspotentiale und Basisdaten wurden im Begleitkreis der Studie abgefragt. Dafür wurden für die unterschiedlichen Themenkomplexe standardisierte Fragebögen mit offenen und geschlossenen Fragen erstellt, die an die unterschiedlichen Marktakteure versendet wurden.

#### 4.3.3.3 Diskussion im Begleitkreis

Die Ergebnisse der Basisdaten und Optimierungspotentiale wurden dem Begleitkreis in einer außerordentlichen Sitzung des Begleitkreises am 29. September 2022 vorgestellt und diskutiert.

### 4.3.4 Materialeinsatz

#### 4.3.4.1 Vorgehensweise

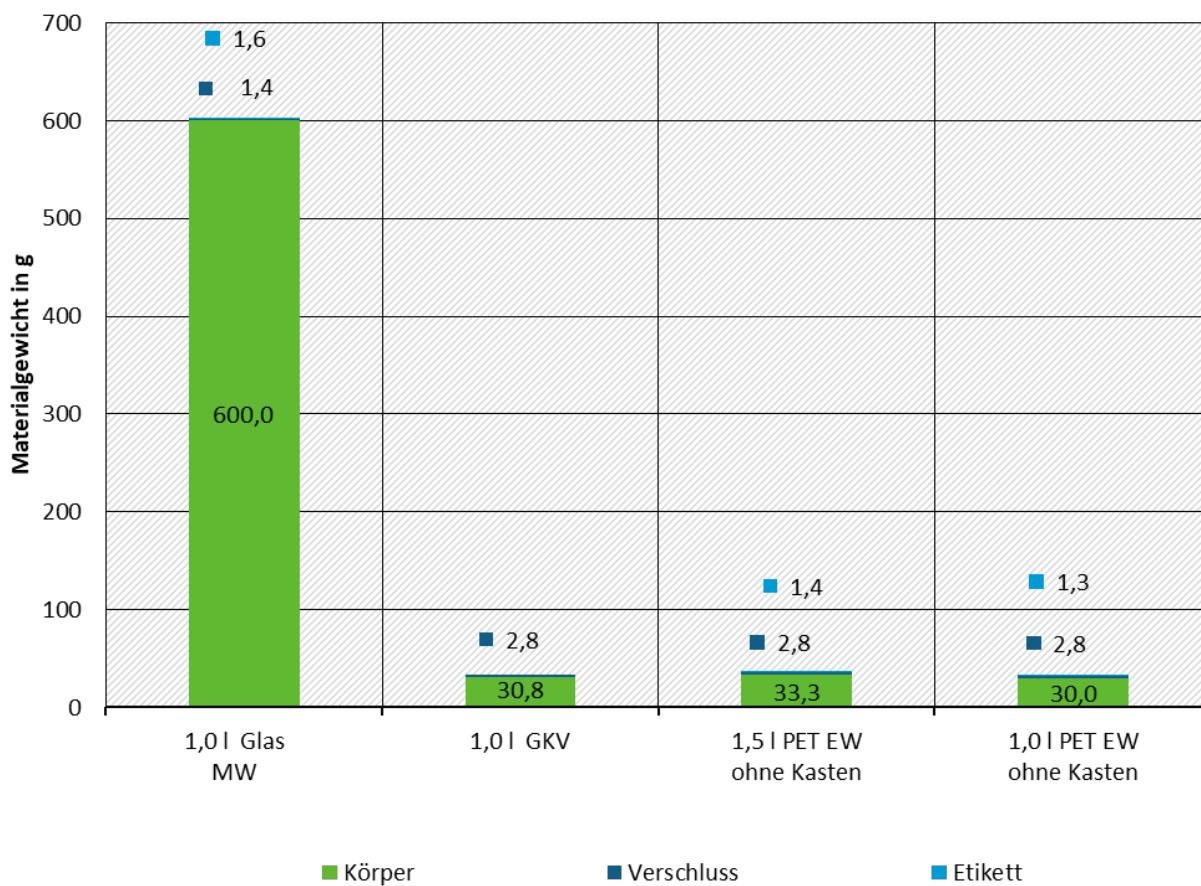
Die Vorgehensweise bei der Erhebung des Materialeinsatzes für die Verpackungssysteme im Getränkesegment Säfte und Nektare entspricht der Methodik für die Getränkesegmente Wässer, Erfrischungsgetränke und Bier, die im vorherigen Abschnitt ausführlich erörtert wurde.

#### Die Vorgehensweise umfasst die folgenden Schritte:

- ▶ Bestimmung der durchschnittlichen Packmittelgewichte
- ▶ GVM-Datenbankauswertung
- ▶ Identifikation der Optimierungspotentiale des Materialeinsatzes
- ▶ Interviews mit Marktakteuren
- ▶ Bewertung der Verbesserungen bei der Verpackungsherstellung
- ▶ Diskussion der Arbeitsergebnisse im Begleitkreis

#### 4.3.4.2 Materialeinsatz Basisdaten

Die Gewichte der Primärverpackungen für die Verpackungssysteme im Getränkesegment Säfte und Nektare sind in der nachfolgenden Grafik dargestellt. Die Verpackungsgewichte der einzelnen Verpackungskomponenten sind nach Körper, Verschlüssen und Etiketten für die jeweiligen Verpackungssysteme aufgeführt.

**Abbildung 72: Materialgewichte in g: Basisdaten Primärverpackungen Säfte, Nektare**

Quelle: eigene Darstellung GVM

Die Materialgewichte der Verpackungssysteme inkl. der Nebenbestandteile variieren in Abhängigkeit von den Packstoffen und von den Füllvolumen zwischen 33,6 g (1,0 l Getränkekarton) und 603,0 g (1,0 l Mehrweg-Glas VdF-Flasche).

Für alle Verpackungssysteme wurden Schraubverschlüsse identifiziert:

- ▶ PET EW: Schraubverschluss aus Kunststoff
- ▶ GKV: Schraubverschluss aus Kunststoff
- ▶ Glas MW: Anrollverschluss aus Aluminium

Bis auf den Getränkekarton haben alle Hauptpackmittel ein Papieretikett.

Um- und Transportverpackungen weisen die folgenden Hauptvarianten auf:

- ▶ 1,5 l PET EW ohne Kasten: 6er Bündelung Schrumpffolie (14,3 g)
- ▶ 1,0 l PET EW ohne Kasten: 6er Bündelung Schrumpffolie (12,5 g)
- ▶ 1,0 l GKV: 12er Tray (200 g)
- ▶ 1,0 l Glas MW: 12er MW-Kunststoffkasten (1.056 g)

Die marktbedeutenden Stapelpläne lassen sich wie folgt zusammenfassen:

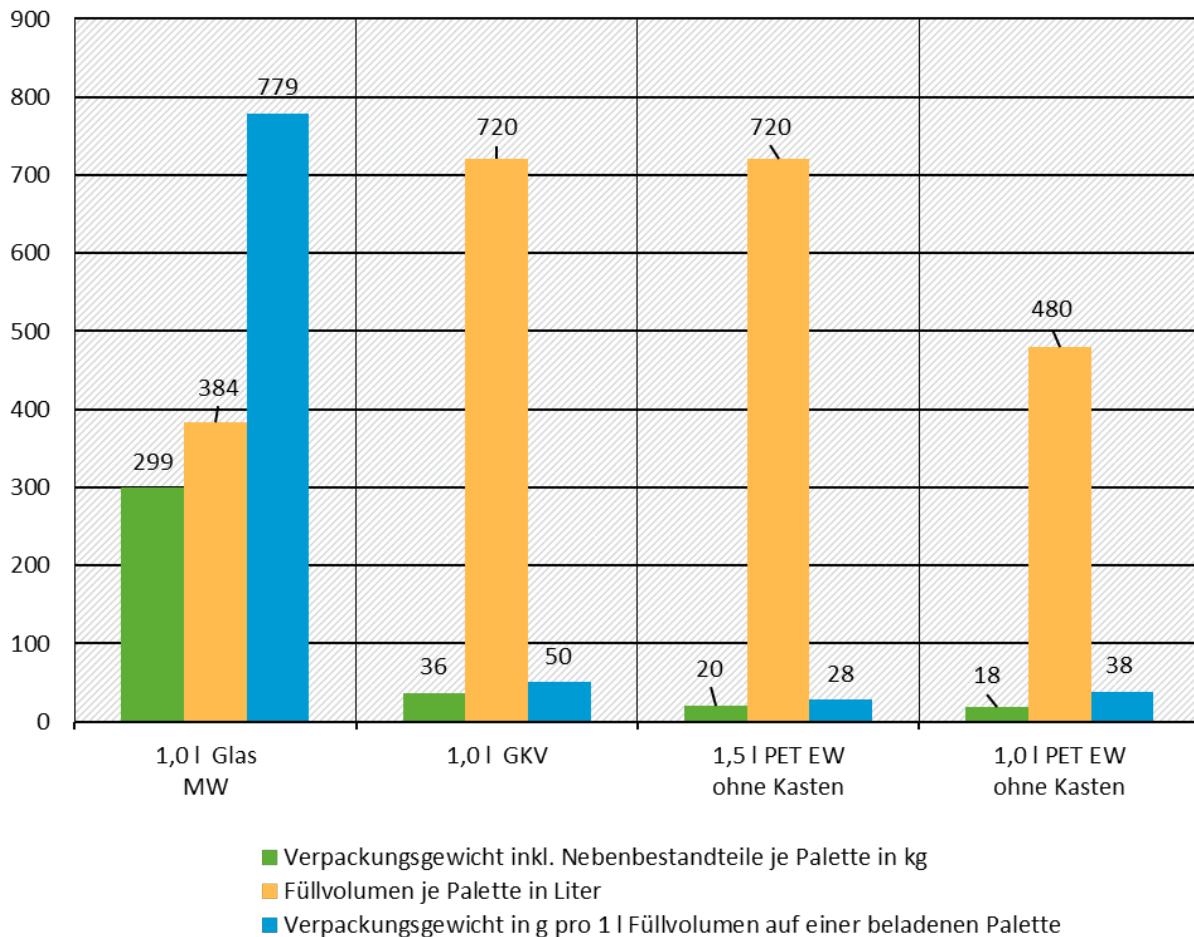
- ▶ **1,5 l PET EW** ohne Kasten werden in folierten 6er Einheiten 16-mal auf einer Holzpalette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 720 l Säfte und Nektare transportiert.
- ▶ **1,0 l PET EW** ohne Kasten werden in folierten 6er Einheiten 16-mal auf einer Holzpalette fünflagig gestapelt. Durchschnittlich werden auf einer Palette 480 l Säfte und Nektare transportiert.
- ▶ **1,0 l GKV** werden in 12er Einheiten zu je 12 Trays auf einer Holzpalette fünflagig gestapelt. Somit können auf einer Palette 720 l Säfte und Nektare transportiert werden.
- ▶ **1,0 l Glas MW** werden zu je 16 6er MW-Kunststoffkästen auf einer Holzpalette vierlagig gestapelt. Somit können auf einer Palette 384 l Säfte und Nektare transportiert werden.

In den folgenden Tabellen sind die Stapelpläne detailliert aufgeführt.

Die Verpackungsgewichte und die Füllvolumina einer durchschnittlich beladenen Palette für einzelne Verpackungssysteme sind in der untenstehenden Abbildung gegenübergestellt. Diese fasst die Materialgewichte der zu betrachteten Verpackungssysteme zunächst ohne die Berücksichtigung der Umlaufzahlen des Mehrwegsystems zusammen. Aufgezeigt wird das gemittelte Ladungsgewicht einer einmalig befüllten Palette je Verpackungssystem unterteilt in das Verpackungsgewicht in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen. Bei einer einmaligen Befüllung (Umlaufzahl 1) sind folgende Verpackungsgewichte ermittelt worden:

- ▶ **1,5 l PET EW** Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen: 28 g
- ▶ **1,0 l PET EW** Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen: 38 g
- ▶ **1,0 l GKV** Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen: 50 g
- ▶ **1,0 l Glas MW** Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen: 779 g

**Abbildung 73: Basisdaten Säfte und Nektare für ausgewählte Verpackungssysteme – gemitteltes Ladungsgewicht einer Palette unterteilt in Verpackungsgewicht in kg gesamt, Füllvolumen in l gesamt und Verpackungsgewicht in g pro 1 l Füllvolumen**



Quelle: eigene Darstellung GVM

### Getränkekästen

Bei den Getränkekästen sind zwei VdF-Kästen im Umlauf. Um den Kasten verbraucherfreundlicher zu gestalten, wurde 2021 der 6 x 1,0 l-Kasten mit Lamellengriff eingeführt. Dieser Kasten ist 160 Gramm schwerer als der herkömmliche Kasten (1.040 Gramm). Nach Aussage des VdF hatte der Kasten mit Griff einen Marktanteil von ca. 10 % im Jahr 2021.

**Tabelle 86: Materialeinsatz Primär-, Umverpackung und Transportverpackung – Basisdaten Säfte, Nektare**

	Packmittel	Parameter	Mehrweg 1,0 l Glas MW	Getränkesegment Säfte und Nektare (4 Systeme)		
				1,0 l GKV	Einweg	
Primärverpackung	Körper	Packstoff	Glas	Getränkekarton mit Aluminium	PET	PET
		Masse in g	600,0	30,8	33,3	30,0
	Verschluss	Packstoff	Aluminium	PE-Kappe; PP-Ausgießer; Kst./Alu-Siegel	HDPE	HDPE
		Masse in g	1,4	2,8	2,8	2,8
	Etikett I	Packstoff	Papier		Papier	Papier
		Masse in g	1,6		1,4	1,3
Umverpackung	Kasten	Packstoff	HDPE			
		Masse in g	1.056,0			
		Anzahl IH*	6,0			
	Bündelungs-folie	Packstoff			LDPE	LDPE
		Masse in g			14,3	12,5
		Anzahl IH*			6,0	6,0
	Faltschachtel / Tray	Packstoff		Wellpappe		
		Masse in g		200,0		
		Anzahl IH*		12		
Transportverpackung	Palette	Packstoff	Holz	Holz	Holz	Holz
		Masse in g	22.000,0	22.000,0	22.000,0	22.000,0
	Folierung	Packstoff			LDPE	LDPE
		Masse in g			346,5	334,0
	Sicherungs-band	Packstoff	PP			
		Masse in g	18,0			
	Zwischenlage	Packstoff			Karton	Karton

Packmittel	Parameter	Getränkesegment Säfte und Nektare (4 Systeme)			
		Mehrweg 1,0 l Glas MW	1,0 l GKV	Einweg 1,5 l PET EW ohne Kasten	1,0 l PET EW ohne Kasten
	Masse in g			112,8	112,8

Anzahl IH\* Anzahl Innenverpackung Hauptpackmittel

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Tabelle 87: Stapelpläne Packmittel – Basisdaten Säfte, Nektare**

Stapelplan	Parameter	Getränkesegment Säfte und Nektare (4 Systeme)			
		Mehrweg	1,0 l Glas MW	Einweg	1,0 l PET EW ohne Kasten
Stapelplan 1 - Kasten	Gebinde pro Umverpackung	6			
	Umverpackung pro Lage	16			
	Lagen pro Palette	4			
	Zwischenlagen pro Palette				
	Gebinde total pro Palette	384			
	Marktbedeutender Stapelplan	x			
Stapelplan 1 - Tray	Gebinde pro Umverpackung		12		
	Umverpackung pro Lage		12		
	Lagen pro Palette		5		
	Gebinde total pro Palette		720		
	Marktbedeutender Stapelplan		x		
Stapelplan 2 - Bündelungsfolie	Gebinde pro Umverpackung			6	6
	Umverpackung pro Lage			16	16
	Lagen pro Palette			5	5
	Zwischenlagen pro Palette			5	5
	Gebinde total pro Palette			480	480
	Marktbedeutender Stapelplan			x	x
<b>Gesamtgewicht Verpackung pro Palette in kg</b>		299	36	20	18
<b>Gesamtgewicht Füllgut pro Palette in kg</b>		384	720	720	480

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

**Barrièreschichten in PET-Flaschen**

Fruchtsäfte und -nekturen benötigen eine höhere Licht- und Sauerstoffbarriere als andere Füllgüter. Daher werden PET-Flaschen mit zusätzlichen Barrieren eingesetzt. Die folgenden Flaschentypen mit Barrieren werden verwendet:

- ▶ PET-Flaschen mit SiOx-Beschichtungen
- ▶ PET-Monoflaschen mit PA-Blend (PET-PA-Compound)

► PET-Multilayer-Flaschen mit PA-Sperrschicht<sup>25</sup>

Mono-PET-Flaschen ohne zusätzliche Barriere werden nur vereinzelt eingesetzt.

Die Barrieren haben insbesondere einen Einfluss auf das Recycling der PET-Getränkeflaschen. Die Auswirkung auf das Recycling wird im folgenden Kapitel „Entsorgung von Kunststoffflaschen“ beschrieben.

#### 4.3.4.3 Materialeinsatz in den Optimierungsszenarien

##### 4.3.4.3.1 Einweg-Kunststoffflaschen

Wie im vorherigen Abschnitt bereits dargestellt, können Gewichtsreduktionen von Einweg-Kunststoffflaschen durch Optimierungen der Gewindemündung sowie durch neue Blasformen bei den Abfüllern erreicht werden. Materialreduzierungen sind durch Designoptimierungen bei allen Flaschentypen perspektivisch realisierbar.

In Abhängigkeit von dem Füllgut ist im Optimierungsszenario 2030 von einer Gewichtsreduktion bei Kunststoff-Einwegflaschen von 8 % auszugehen. Bis 2045 ist mit einer Gewichtsreduktion von 12 % zu rechnen.

Die Ursachen für die Optimierungspotentiale bei Einweg-Kunststoffflaschen wurden im entsprechenden Unterkapitel des vorherigen Abschnittes dargestellt.

##### 4.3.4.3.2 Getränkekarton

Die Optimierungen entsprechen weitestgehend denen im vorangegangenen Abschnitt dargelegten Möglichkeiten. Ergänzend ist zu berücksichtigen, dass der Verzicht auf Aluminiumbarrieren die Mindesthaltbarkeit der Fruchtsäfte beeinträchtigen kann. Im Ergebnis wird für den Getränkekarton ein Rückgang des Materialeinsatzes um 2 % bis 2030 und um 3 % bis 2045 angenommen.

##### 4.3.4.3.3 Mehrweg-Glasflaschen

Nach Aussage des VdF sind Gewichtsreduktionen der Glas MW Flasche bis 2030 voraussichtlich nicht umzusetzen. Die Verwerfungen im Glasmarkt führen dazu, dass Optimierungsprozesse zurückgestellt werden. Bis 2045 wäre nach gegenwärtigem technischem Stand eine Gewichtsreduktion von 5 % bei Glas MW möglich (Expertenbefragung 07/2022).

Die Umstellung von Mehrweggebinde benötigt einen mehrjährigen Planungshorizont. In einem längeren Übergangszeitraum werden sowohl die bisher eingesetzten Flaschen als auch gewichtsoptimierte Flaschen eingesetzt.

##### 4.3.4.3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse für die Basisdaten und für die Optimierungsszenarien - Primärverpackungen

Die Ergebnisse zur Optimierung des Materialeinsatzes bei den Hauptpackmitteln sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst und dem Materialeinsatz in den Basisdaten gegenübergestellt. Im Untersuchungszeitraum bis 2045 werden sowohl die bisherigen als auch die gewichtsoptimierten Flaschen eingesetzt.

Mögliche Materialreduzierungen der Getränkeflaschen hängen von folgenden Faktoren ab:

- Getränkeart (Kaltabfüllung / Heißabfüllung)
- Flaschendesign

---

<sup>25</sup> In Multilayer-Flaschen wird zwischen zwei PET-Schichten eine Innenschicht aus Polyamiden eingesetzt.

- ▶ Erforderliche Druckstabilität
- ▶ Angestrebte Nutzungshäufigkeit der Mehrwegflasche
- ▶ Marktanteile bestimmter Flaschentypen

**Tabelle 88: Zusammenfassung des Materialeinsatzes der Hauptpackmittel in Gramm für die Basisdaten und für die Optimierungsszenarien 2030 und 2045**

Getränke- segment	Verpackungssystem	Materialeinsatz in Gramm				
		Basisdaten	2030	2045	Änd. 2020 bis 2030 in %	Änd. 2020 bis 2045 in %
Säfte, Nektare	1,0 l Glas MW	600,0	600,0	570,0	0%	-5%
	1,0 l GKV	30,8	30,3	29,9	-2%	-3%
	1,5 l PET EW ohne Kasten	33,3	30,8	29,3	-8%	-12%
	1,0 l PET EW ohne Kasten	30,0	27,7	26,4	-8%	-12%

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

#### 4.3.4.3.5 Verschlüsse

##### 4.3.4.3.5.1 Anrollverschlüsse

Für Anrollverschlüsse aus Aluminium fallen die Optimierungspotentiale moderat aus. Bis 2030 ist laut Marktakteuren eine Materialreduktion um rund 2 % realistisch, bis 2045 kann sich der Materialeinsatz um 4 % verringern.

Der Aluminiumverschluss hat zusätzlich eine Dichteinlage, die

- ▶ aufgeschäumt und flüssig eingetragen wird oder
- ▶ als Folie oder Formling eingesetzt wird.

Die möglichen Optimierungen konnten von den Befragten jedoch nicht näher ausgeführt werden. Es wird davon ausgegangen, dass Materialoptimierungen bei den Dichteinlagen nur einen geringen Einfluss auf die ökobilanzielle Bewertung des Verpackungssystems haben, weshalb an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen wird.

##### 4.3.4.3.5.2 Tethered Caps

Die Optimierungspotentiale durch Tethered Caps wurden im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ erörtert.

#### 4.3.4.3.6 Etiketten

Für die Etiketten von Getränkeverpackungen sahen die Befragten insgesamt ein geringes Optimierungspotential im Einsatzgewicht, näher erläutert im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“. Kunststoffetiketten spielen im Saftmarkt eine untergeordnete Rolle.

Im Ergebnis ist für Papieretiketten folgendes Optimierungspotential zu erwarten:

- ▶ Papieretiketten: bis 2030: -2 %; bis 2045: -3%

#### 4.3.4.3.7 Sammel- und Transportverpackungen

##### 4.3.4.3.7.1 Multipacks

Mögliche Materialeinsparungen und daraus resultierende Optimierungspotentiale für die Sammelverpackungen Multipacks sind im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ aufgeführt.

Mit Blick auf Säfte und Nektare wird für Multipacks von einer Packmittelreduzierung bei Bündelungsfolien bis 2030 von 10 % und bis 2045 von 20 % ausgegangen.

##### 4.3.4.3.7.2 Transportverpackungen

In Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ werden Expertenmeinungen zu möglichen Materialeinsparungen bei Transportverpackungen aufgeführt. Der Anteil der Getränkekästen mit Lamellengriff wird in den Optimierungsszenarien steigen, was dazu führt, dass das durchschnittliche Einsatzgewicht der Getränkekästen zunimmt. Die Optimierungspotentiale für Transportverpackungen beziehen sich weitgehend auf zusätzliche Umhüllungen oder Zwischenlagen auf der Palette und unterscheiden sich somit nicht für verschiedene Füllgüter.

Daraus abgeleitet wird eine Packmittelreduzierung bei Transportverpackungen bis 2030 von 5 % und bis 2045 von 10 %.

#### 4.3.4.3.8 Zusammenfassung der Ergebnisse für die Basisdaten und für die Optimierungsszenarien – Nebenpackmittel und Transportverpackungen

Die nachfolgende Tabelle fasst die Entwicklung des Materialeinsatzes in den Nebenpackmitteln zusammen.

**Tabelle 89: Entwicklung des Materialeinsatzes für Nebenpackmittel und Transportverpackungen in den Optimierungsszenarien 2030 und 2045**

Getränke- segment	Nebenpackmittel	Änderung Materialeinsatz in %	
		Basisdaten bis 2030 in %	Basisdaten bis 2045 in %
Säfte, Nektare	Anrollverschlüsse für Glas MW	-2%	-4%
	Kunststoffverschlüsse für EW-Gebinde	+8%	-5%
	Papieretiketten	-2%	-3%
	Sammelverpackungen Bündelungsfolie	-10%	-20%
	Getränkekästen	+2%	+5%
	Transportverpackungen	-5%	-10%

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

#### 4.3.5 Umlaufzahlen

##### 4.3.5.1 Definitionen

###### Definition Umlaufzahl

Die Umlaufzahl und ihre Einflussfaktoren wurden im vorangegangenen Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ definiert.

## Unterschiedliche Mehrwegsysteme

Für das Getränkesegment Säfte und Nektare ist ein geschlossenes Mehrwegsystem relevant. Der VdF organisiert als Pooldienstleister das Mehrwegsystem der Saft- und Nektareabfüller.

### Das VdF-Mehrwegsystem für Säfte und Nektare

- ▶ **Pooldienstleister:** Verband der deutschen Fruchtsaft-Industrie e. V.
- ▶ **Anzahl der organisierten Abfüller:** VdF-Mitglieder: 300 Fruchtsafthersteller nutzen den Pool
- ▶ **Gründung:** 1972
- ▶ **Systemtyp:** geschlossen
- ▶ **Poolmanagement:** Der VdF ist zentraler Ansprechpartner und für die Weiterentwicklung des Pools verantwortlich.
- ▶ **Eigentümer des Mehrwegpools:** Fruchtsafthersteller
- ▶ **Reinigung:** obliegt den Fruchtsaftherstellern
- ▶ **Flaschenzukauf:** Die Hersteller beziehen in Eigenregie ihr Neumaterial von lizenzierten Glashütten und Kastenherstellern, mindestens 3,5 % der Mehrwegflaschen werden (bezogen auf die Füllmenge) pro Jahr aussortiert. Zukünftig wird eine Aussortierquote von 2,5 % angestrebt.
- ▶ **Flaschenausgleich:** Der Flaschenausgleich zwischen den Fruchtsaftherstellern findet in Eigenregie statt.
- ▶ **Umlaufzahlen Flaschen:** bis zu 40 Umläufe
- ▶ **Pfand:** Flaschen 0,15 €, Kästen: 1,50 €

Quelle: VdF 2022, Eigene Darstellung (GVM)

### 4.3.5.2 Vorgehensweise

#### 4.3.5.2.1 Ermittlung der Umlaufzahlen von Getränkeflaschen

##### Produktionsrechnung

Für die Produktion wird die gleiche Rechnung wie im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ angewandt.

##### Validierung der Umlaufzahlen

Die empirisch ermittelten Umlaufzahlen basieren auf langjährigen Marktforschungsergebnissen des GVM-Getränkepanels. Die von GVM ermittelten Umlaufzahlen sind aus den erhobenen Marktdaten abgeleitet und basieren auf den Zukäufen der Unternehmen.

Anhand der von der GVM ermittelten Verbrauchsdaten und der VdF-Statistik über den Gebindeneuerwerb sind die Umlaufzahlen der 1,0-Glas-VdF-Flasche errechnet worden. Die Anzahl der zugekauften VdF-Flaschen an die Unternehmen der Fruchtsaft-Industrie wird jährlich vom VdF publiziert (Vgl. VdF 2022).

## Auswertung und Plausibilitätsprüfung

Im Rahmen der Datenabfrage im Begleitkreis wurden unternehmensspezifische Umlaufzahlen, die Entwicklung der Umlaufzahlen und der Flaschentausch zwischen Unternehmen abgefragt. Die befragten Unternehmen sind nicht repräsentativ für den Gesamtmarkt. Die qualitativen und quantitativen Aussagen wurden ausgewertet und bewertet. Sie dienten zur Überprüfung und punktuellen Verbesserung der Basisdaten.

### 4.3.5.2.2 Ermittlung der Umlaufzahlen von Getränkekästen

Der Vertrieb von Getränken in Mehrwegkästen ist in Deutschland ein seit Jahrzehnten bestehendes System.

Eine Beschreibung der Produktkreisläufe der Flaschenkästen und der Umlaufzahl als Erwartungswert ausgewählter Mehrweg-Getränkekästen befindet sich im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“.

### 4.3.5.3 Ergebnisse

#### 4.3.5.3.1 Säfte, Nektare Basisdaten

Im Saftmarkt ist ein geschlossenes Mehrweg-Poolsystem mit zentraler Bestandsführung relevant. Das VdF-Mehrwegsystem wurde 1972 gegründet. Lag der Glas-Mehrweganteil in den Gründungsjahren noch bei 50 %, fiel dieser zwischenzeitlich auf 10 % ab. In den letzten Jahren ist jedoch wieder ein Anstieg des Glas-Mehrweganteils am Gesamtverbrauch zu konstatieren. Für das Bezugsjahr 2021 hat die GVM einen Anteil der abgefüllten Menge in Glas-Mehrweg-Flaschen von 12 % ermittelt (Vgl. GVM 2022b).

Insgesamt wurden 2021 11 Mio. VdF-Mehrweg-Flaschen von den Unternehmen der Fruchtsaft-Industrie bezogen (Vgl. VdF 2022).

Für die Mehrweg-Poolflaschen für Säfte und Nektare wurde die folgende Umlaufzahl ermittelt:

- 1,0 l Glas MW: 25 (Bandbreite von 20 bis 30 Umläufen)

Die folgende Tabelle zeigt die Umlaufzahlen von Flaschen und Kästen für die 1,0 l-VdF-Mehrweg-Flasche.

**Tabelle 90: Umlaufzahlen Flaschen und Kästen – Getränkesegment Säfte, Nektare**

Verpackungsstufe	Packmittel	Parameter	Getränkesegment Säfte, Nektare 1,0 l Glas MW Pool
Primärverpackung	Körper	Packstoff	Glas
	Umlaufzahl (UZ)	Bandbreite	20-30
		Anzahl Flaschen	6
Umverpackung	UZ-Kasten	Bandbreite	90-120
		Erwartungswert	100

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

### Getränkekästen

In einem gelenkten Pool können Getränkekästen durchschnittlich 100 Umläufe erreichen. Die Lebensdauer eines Kastens beträgt ca. 20-30 Jahre. Die jährliche Umlaufhäufigkeit beträgt zwischen 4 und 5.

Bei den Getränkekästen sind zwei VdF-Kästen im Umlauf. Für den neu eingeführten Getränkekästen kann noch keine Umlaufzahl ermittelt werden. Die Auftragnehmer gehen davon aus, dass die Umstellung auf die Getränkekästen mit einem Tragegriff keine Auswirkung auf die Umlaufzahl der Getränkekästen haben wird.

#### **4.3.5.3.2 Säfte, Nektare Optimierungspotentiale**

##### **Flaschen**

Die Flaschenkreisläufe können zukünftig durch eine bessere Vorsortierung im Lebensmitteleinzelhandel optimiert werden. Während der Anteil der Fremdflaschen im Getränkefachgroßhandel 5 % bis 10 % beträgt, liegen nach Aussagen des VdF die Anteile von Fremdflaschen im Lebensmitteleinzelhandel bei 20 % und mehr.

Ursächlich für den hohen Fremdflaschenanteil ist, dass die VdF-Getränkekästen große Gefache haben, in die nahezu alle Flaschen hineinpassen. Als Fremdflaschen werden aussortiert:

- ▶ MW-Glasflaschen
- ▶ EW-Glasflaschen (bepfandet und unbepfandet)
- ▶ MW-PET-Flaschen
- ▶ EW-PET-Flaschen

Änderungen im Poolmanagement können erst nach einer Zustimmung von allen VdF-Mitgliedern oder notwendigen Mehrheiten durchgesetzt werden. Deswegen benötigen Einführungen von neuen Prozessabläufen oder die Realisierung von Investitionen einen langen Planungshorizont.

Insgesamt steigen die Umlaufzahlen in den Optimierungsszenarien geringfügig an. Das hat verschiedene Gründe:

- ▶ Die steigenden Preise für Glasflaschen führen zu einer Verringerung der Ausschussraten und somit zu einer Verlängerung der Nutzungsdauer der Flaschen.
- ▶ Absatzsteigerungen werden nur zum Teil über den Neukauf von Getränkeflaschen abgefangen.

Entscheidend hierbei ist, dass die Aussortierquote von derzeit „mindestens 3,5 %“ auf zukünftig „mindestens 2,5 %“ gesenkt wird (Vgl. VdF 2022).

Die Auftragnehmer gehen für die Optimierungsszenarien 2030 und 2045 von folgenden Umlaufzahlen aus:

- ▶ 1,0 l Mehrweg-Glasflaschen:
  - 2030: 27
  - 2045: 30

##### **Getränkekästen**

Es wird für Getränkekästen in den Optimierungsszenarien weiterhin eine durchschnittliche Umlaufzahl von 100 angenommen.

### 4.3.5.3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse für die Basisdaten und der Optimierungsszenarien

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse zu den Umlaufzahlen der VdF-Flaschen und VdF-Getränkekästen zusammen.

**Tabelle 91: Zusammenfassung der Umlaufzahlen der Basisdaten und der Optimierungsszenarien 2030 und 2045**

Getränkesegment	Verpackungssystem	Parameter	Umlaufzahl		
			Basisdaten	2030	2045
Säfte, Nektare	1,0 l Glas MW	Bandbreite	20-30	25-30	27-33
		Erwartungswert	25	27	30
	Getränkekästen 1,0 l Glas	Erwartungswert	100	100	100

Quelle: Eigene Darstellung (GVM)

## 4.3.6 Rezyklateinsatz

### 4.3.6.1 Definition

Die Definition von Rezyklateinsatz und der Rezyklateinsatzquote, sowie der Ansatz zur Berücksichtigung von Pre-Consumer-Rezyklaten in diesem Vorhaben können an Hand des vorangegangenen Kapitels „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ nachvollzogen werden.

### 4.3.6.2 Vorgehensweise

Wie bei der Definition von Rezyklat unterscheiden sich die Basisdaten und Optimierungsszenarien für das Getränkesegment Säfte und Nektare nicht von denen im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ beschriebenen für Wässer, Erfrischungsgetränke und Bier.

### 4.3.6.3 Ergebnisse

#### 4.3.6.3.1 PET-Getränkeflaschen

##### Basisdaten

PET-Getränkeflaschen, die 2019 in Deutschland in Verkehr gebracht wurden, bestanden durchschnittlich aus 29,6 % PET-Rezyklaten (im Folgenden rPET). Die Ergebnisse können weiter differenziert werden:

- ▶ Für bepfandete Einweg-Getränkeflaschen liegt der rPET-Anteil mit 31,4 % leicht höher.
- ▶ Mehrweg-PET-Flaschen liegen mit 25 % rPET-Anteil unter dem Durchschnitt.
- ▶ Für unbepfandete Einweg-PET-Flaschen ergibt sich folglich ein Rezyklateinsatz von 14,8 %.

Zusätzlich wurde die Rezyklateinsatzquote für Saft- und Nektarflaschen auf der Basis von Abfüllerangaben für das Bezugsjahr 2020 ermittelt. Folgende Datenquellen wurden verwendet:

- ▶ Ergebnisse der Datenabfrage bei Abfüllern
- ▶ GVM-Paneldaten von Abfüllern

- ▶ Nachhaltigkeitsberichte von Abfüllern
- ▶ Sonstige Informationsquellen

Für das Bezugsjahr 2020 liegt die Rezyklateinsatzquote mit 18,1 % leicht höher als im Bezugsjahr 2019.

#### **Optimierungsszenarien – Angaben aus dem Begleitkreis – Einweg-PET-Flaschen**

In den Optimierungsszenarien für die Getränkesegmente Bier, Wässer und Erfrischungsgetränke werden die folgenden Rezyklateinsatzquoten angewendet:

- ▶ Optimierungsszenario 2030: 60 %
- ▶ Optimierungsszenario 2045: 90 %

Diese Rezyklateinsatzquoten werden auch für die PET-Einweg-Getränkeflaschen im Getränkesegment Säfte und Nektare angewendet.

Die Gründe dafür sind:

- ▶ Die Abfüller müssen die gesetzlichen Vorgaben zum Rezyklateinsatz ab 2025 und 2030 erfüllen.
- ▶ Große Saftabfüller haben sich hohe Zielvorgaben für den Rezyklateinsatz in PET-Flaschen gesetzt.
- ▶ Was die begrenzte Verfügbarkeit von Rezyklaten angeht, bestehen für die Saftabfüller die gleichen Herausforderungen wie für Abfüller anderer Getränkeselemente.

Was die Berücksichtigung des chemischen Recyclings in diesem Vorhaben angeht, wird auf das Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ verwiesen.

#### **Vergleich mit den gesetzlichen Forderungen**

Das Verpackungsgesetz schreibt ab 2030 einen Rezyklateinsatz von 30 % in Einweg-Kunststoff-Getränkeflaschen vor. Der Rezyklatanteil in den Getränkeflaschen wird jedoch deutlich höher liegen. Das ist auf verschiedene Gründe zurückzuführen:

- ▶ Einige Abfüller haben sich zu deutlichen höheren Rezyklateinsatzquoten verpflichtet.
- ▶ Auch Abfüller, die keine Commitments ausgegeben haben, setzen mehr Rezyklate ein als gesetzlich vorgegeben.
- ▶ Der Handel fordert zum Teil Rezyklateinsatzquoten, die deutlich über den gesetzlichen Vorgaben liegen.

Auch 2030 werden Hersteller von Nicht-Getränkeverpackungen (z.B. Folien) PET-Rezyklate nachfragen.

Bereits 2030 besteht ein deutlich größerer Spielraum für Optimierungen des Rezyklateinsatzes. Rund 75 % sind über alle Getränkeflaschen möglich. Um diese Einsatzquote zu erreichen, wären jedoch Brancheninitiativen oder politische Eingriffe notwendig. Da diese nicht absehbar sind, liegt der Rezyklateinsatz im Optimierungsszenario 2030 deutlich unter dem technischen Potenzial.

#### 4.3.6.3.2 Glas-Getränkeflaschen

Mit Blick auf Glas-Getränkeflaschen gibt es hinsichtlich der Basisdaten und Optimierungsszenarien aus dem Kapitel 4.2 „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ keine Änderungen für das Getränkesegment Säfte und Nektare.

Einige Besonderheit des Rezyklateinsatzes für das Getränkesegment ist der aus ausschließlich Weißglasflaschen bestehende VdF-Mehrwegpool. Mehrweg-Braunglasflaschen werden nicht bilanziert (Vgl. Kapitel 4.2.2.4 „Auswahl relevanter Verpackungssegmente“).

Die Rezyklateinsatzquote beträgt 65%.

#### 4.3.6.3.3 Getränkekarton

Die Annahmen für die Basisdaten und Optimierungsszenarien für Getränkekarton entsprechen denen im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“.

#### 4.3.6.3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse für die Hauptpackmittel

Die folgende Tabelle fasst die Rezyklateinsatzquoten für die Hauptpackmittel in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 zusammen.

**Tabelle 92: Zusammenfassung der Rezyklateinsatzquoten in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045**

Getränke- segment	Verpackungssystem	Rezyklateinsatzquote		
		Basisdaten	2030	2045
Säfte, Nektare	1,0 l EW PET ohne Kasten	18,1 %	60,0 %	90,0 %
	1,5 l EW PET ohne Kasten	18,1 %	60,0 %	90,0 %
	1,0 l Getränkekarton	Papier: 0 % Kunststoff: 0 % Aluminium: 0 %	Papier: 0 % Kunststoff: 0 % Aluminium: -	Papier: 10 % Kunststoff: 0 % Aluminium: -
	1,0 l MW Glas	65 %	70 %	72 %

#### 4.3.6.3.5 Verschlüsse

##### Kunststoffverschlüsse: Basisdaten und Optimierungspotentiale

Für den Einsatz von Rezyklaten in Kunststoffverschlüssen gelten die im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ dargestellten Annahmen.

##### Aluminiumverschlüsse: Basisdaten

Daten zum Rezyklateinsatz in Aluminiumverschlüssen konnten nicht bereitgestellt werden. Es wird ein Rezyklateinsatz von 0 % berücksichtigt.

#### 4.3.6.3.6 Andere Verpackungsmaterialien

Die folgende Tabelle fasst die Rezyklateinsatzquoten für weitere Verpackungsmaterialien in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien zusammen.

**Tabelle 93: Rezyklateinsatzquoten in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045**

Packmittel	Basisdaten	Optimierungsszenario 2030	Optimierungsszenario 2045
Etiketten aus Papier	-	-	-
Etiketten aus Kunststoff	40 %	50 %	75 %
Kunststoffkästen	35 %	70 %	90 %
Transportfolien	40 %	45 %	50 %
Um- und Transportverpackungen aus Karton	60 %	60 %	60 %
Um- und Transportverpackungen aus Wellpappe	84 %	84 %	84 %

### 4.3.7 Entsorgung

Es gelten die im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ beschriebenen Mindestanforderungen für die Entsorgungswege.

#### 4.3.7.1 Kunststoffflaschen

##### 4.3.7.1.1 Basisdaten - PET-Getränkeflaschen

###### Auswirkungen der Barrièreschichten auf das Recycling

Die Barrièreschichten in den PET-Getränkeflaschen haben zum Teil Auswirkungen auf das Recycling der Getränkeflaschen (Vgl. untenstehende Tabelle 94).

**Tabelle 94: Auswirkungen der Barrièreschichten auf den Recyclingprozess**

Art der Barriere	Auswirkungen auf den Recyclingprozess	Recyclingfähigkeit
PET-Flaschen mit SiOx-Beschichtungen	Die SiOx-Beschichtung stört das Recycling der Getränkeflaschen nicht	recyclingfähig
PET-Monoflaschen mit PA-Blend (PET-PA-Compound)	Rösttests mit gewaschenen Flakes haben gezeigt, dass das PA im Recyclingprozess zu einer Verfärbung führt, während reine PET-Flakes klar bleiben. <sup>26</sup>	nicht recyclingfähig
PET-Multilayer-Flaschen mit PA-Sperrsicht	Die PA-Anteile führen zu Problemen in den Schneidmühlen. <sup>27</sup>	nicht recyclingfähig

Die PET-Flaschen mit SiOx-Beschichtung werden von den dualen Systemen mit anderen PET-Flaschen, bspw. für Speiseöl oder Reinigungsmittel, einer Verwertung zugeführt. PET-Flaschen mit recyclingunverträglichen Barrièreschichten werden energetisch verwertet.

In den vergangenen Jahren haben einige Abfüller auf die recyclingfähige SiOx-Beschichtung umgestellt. Die Diskussion um die Erweiterung der Pfandpflicht, die im Januar 2022 in Kraft getreten ist, hat den Umstellungsprozess beschleunigt.

<sup>26</sup> Bünemann et al. (2016)

<sup>27</sup> Kauertz et al. (2020a)

## Stoffstrommodell für PET-Getränkeflaschen

Im Auftrag des Forum PET in der IK führt die GVM regelmäßig die Studie „Aufkommen und Verwertung von Getränkeflaschen in Deutschland“ durch, zuletzt für das Bezugsjahr 2019. Für unbepfandete Einweg-PET-Getränkeflaschen werden die folgenden Quoten erreicht (Basisdaten):

- ▶ Rücklauf / Erfassung: 76,5 %
- ▶ Recyclingzuführung: 62,0 %

Bepfandete Einweg-Getränkeflaschen werden zu 97,2 % einer stofflichen Verwertung zugeführt.

### 4.3.7.1.2 Optimierungsszenarien - PET-Getränkeflaschen

#### Rücklauf bepfandeter Kunststoffflaschen

Den größten Einfluss auf die Entsorgung hat die Integration der Saftflaschen in das DPG-Pfandsystem.

#### Einfluss der Tethered Caps

Der Einsatz von Tethered Caps hat auf den Recyclingprozess nur geringfügige Auswirkungen. Dies wird im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ näher erläutert.

#### Barrièreschichten

Für die Optimierungsszenarien 2030 und 2045 wird angenommen, dass ausschließlich recyclingfähige Barrièreschichten in den PET-Getränkeflaschen eingesetzt werden.

#### Optimierungsszenario 2030

Für das Optimierungsszenario 2030 wird eine geringfügig steigende Rücklaufquote der bepfandeten Getränkeflaschen erwartet. Für bepfandete Einweg-PET-Flaschen wird von einer Steigerung der Recyclingzuführung um 0,2 %-Punkte auf 97,4 % ausgegangen. Nach Erweiterung der Pfandpflicht im Januar 2022 ist diese Recyclingzuführungsquote im 2030 Szenario auch für die Saftflaschen anzuwenden.

#### Optimierungsszenario 2045

Weitere Steigerungen des Rücklaufs über das Pfandsystem sind bis 2045 nicht zu erwarten. Die folgende Tabelle gibt die Optimierungsszenarien für 2030 und 2045 wieder.

**Tabelle 95: Optimierungsszenarien der Recyclingzuführungsquoten für PET-Getränkeflaschen**

Einweg (bepfandet) ohne Kasten	
Basisdaten	
Recyclingzuführung	62,0 %
Optimierungsszenario 2030	
Recyclingzuführung	97,4 %
Veränderung zu Basisdaten	+35,4 %-Punkte
Optimierungsszenario 2045	
Recyclingzuführung	97,4 %

<b>Einweg (bepfandet) ohne Kasten</b>	
Veränderung zu Basisdaten	+35,4 %-Punkte
Veränderung zum Optimierungsszenario 2030	+0,0 %-Punkte

### 4.3.7.2 Glasflaschen

#### 4.3.7.2.1 Basisdaten

Im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ wurde für Mehrweg-Glasflaschen eine Recyclingquote von 93,9 % ermittelt. Die Quote setzt sich aus zwei Entsorgungswegen zusammen:

- ▶ Entsorgung von Mehrwegflaschen über Abfüllbetriebe
- ▶ Entsorgung von Mehrwegflaschen über die haushaltsnahe Sammlung

#### 4.3.7.2.2 Optimierungsszenarien

Die Optimierungspotentiale können beim Glasrecycling sowohl an der Erfassung der Mehrwegflaschen als auch an der Sortierung ansetzen und wurden im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ aufgeführt.

Die folgende Tabelle fasst die Recyclingquoten der Mehrweg-Glasflaschen in den Basisdaten und den Optimierungsszenarien 2030 und 2045 zusammen.

**Tabelle 96: Basisdaten und Optimierungsszenarien der Recyclingquoten für Glas-Getränkeflaschen 2030 und 2045**

<b>Verpackungsgruppe</b>	<b>Recyclingquote</b>		
	<b>Basisdaten</b>	<b>2030</b>	<b>2045</b>
Mehrweg Glas	93,9 %	94,9 %	95,9 %

### 4.3.7.3 Etiketten

Wie im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ beschrieben, fallen die Etiketten in der Regel gemeinsam mit den Getränkeflaschen an. Das hat zur Folge, dass die Quoten, die für die Verwertung der Primärverpackungen ermittelt werden, auch auf die Etiketten unabhängig des Getränkesegments anzuwenden sind.

### 4.3.7.4 Getränkekarton

#### 4.3.7.4.1 Basisdaten

Mit Blick auf die Entsorgung treten keine Unterschiede für Getränkekartons für Fruchtsäfte auf. Es gelten die im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ aufgeführten Daten.

#### 4.3.7.4.2 Optimierungsszenarien

Auch die Optimierungspotentiale beim Recycling von Getränkekartonverpackungen gelten wie im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ dargestellt für das Getränkesegment Säfte und Nektare.

#### 4.3.7.5 Verschlüsse

##### 4.3.7.5.1 Kunststoffverschlüsse auf PET-Einweggetränkeflaschen

###### Basisdaten

Kunststoffverschlüsse verbleiben zum größten Teil an der jeweiligen Getränkeverpackung. Dies schließt PET-Einweggetränkeflaschen im Getränkesegment Säfte und Nektare ein.

Für unbepfandete PET-Getränkeflaschen, die über das LVP-Erfassungssystem gesammelt werden, wurde ein Verschlusserücklauf an der Primärverpackung in Höhe von 74,8 % ermittelt. 8 Masseprozent der Verschlüsse werden nicht haushaltsnah erfasst und gelangen in den Restmüll, sonstige Sammlungen oder den Straßenkehricht. Damit beträgt der Rücklauf der Verschlüsse, die getrennt von der Primärverpackung über die dualen Systeme erfasst werden, 17,2 Masseprozent.

Zusammengefasst ergeben sich die folgenden Erfassungsquoten:

- ▶ Verschlusserücklauf mit der Primärverpackung: 74,8 %
- ▶ Verschlusserücklauf getrennt von der Primärverpackung: 17,2 %
- ▶ Entsorgung über Restmüll oder Littering: 8,0 %

###### Optimierungsszenarien

Ab Juli 2024 müssen Verschlüsse auf Einweggetränkeverpackungen, sogenannte „Tethered Caps“, am Gebinde befestigt werden. Dies zielt darauf ab, dass die Verschlüsse gemeinsam mit den Getränkeverpackungen entsorgt werden.

Der Rücklauf für Verschlüsse auf bepfandeten PET-Getränkeflaschen, zu denen PET-Flaschen für Fruchtsäfte und -nektare seit 2022 zählen, setzt sich dann wie folgt zusammen:

- ▶ 98 % Erfassung mit den Getränkeflaschen
- ▶ 1 % separate Erfassung über die dualen Systeme
- ▶ 1 % wird über den Restmüll, Gewerbeabfall oder als Littering entsorgt

##### 4.3.7.5.2 Kunststoffverschlüsse - Getränkekarton

###### Basisdaten

Für Kunststoffverschlüsse auf Getränkekartonverpackungen wurden unabhängig vom Getränkesegment die gleichen Verschlusserücklaufquoten angenommen wie für Kunststoffverschlüsse auf unbepfandeten PET-Getränkeflaschen, da beide Verpackungsgruppen über das LVP-Erfassungssystem gesammelt werden.

###### Optimierungsszenarien

Wie bereits im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ dargelegt, wird die Einführung der „Tethered Caps“ für die Getränkekartonverpackungen unabhängig vom Füllgut zu einem deutlich höheren Verschlusserücklauf führen.

##### 4.3.7.5.3 Aluminiumverschlüsse – Mehrweggetränkeflaschen

Für Aluminiumverschlüsse der Mehrweggetränkeflaschen des Getränkesegments Säfte und Nektare wurden die gleichen Annahmen getroffen wie im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“. Dort wurde in den Getränkesegmenten Wässer und Erfrischungsgetränke eine Verschlusserücklaufquote von 90,4 % ermittelt.

#### 4.3.7.6 Zusammenfassung der Quoten für die Primärverpackungen

##### Basisdaten Primärverpackungen

Die folgende Tabelle fasst die Recyclingquoten für die Primärverpackungen in den Basisdaten zusammen. Eine weitere Ausführung der Werte kann der entsprechenden Tabelle für „Quoten für Primärverpackungen (Basisdaten)“ im vorangegangenen Kapitel entnommen werden.

**Tabelle 97: Quoten für Primärverpackungen (Basisdaten)**

Verpackungsgruppe	Quote für die werkstoffliche Verwertung	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korrigiert	Sortierquote entsprechend der Literatur	Errechnete Erfassungsquote
<b>Körper und Etikett</b>					
EW-PET ohne Kasten	62,0%	0,0%	62,0%	81,0%	76,5%
MW-Glas	93,9 %	0,0 %	93,9 %	99,0 %	94,8 %
GKV	77,5 %	15,0 %	65,9 %	88,8 %	74,2 %
<b>Verschlüsse auf Körper</b>					
EW-PET ohne Kasten	62,0%	0,0%	62,0%	81,0%	76,5%
MW-Glas (Alu-Verschluss)	93,9 %	0,0 %	93,9 %	99,0 %	94,8 %
GKV	77,5 %	15,0 %	65,9 %	88,8 %	74,2 %
<b>Verschlüsse lose</b>					
EW-PET ohne Kasten	60,5 %	6,0 %	56,9 %	90,0 %	63,2 %
MW-Glas (Alu-Verschluss)	95,7 %	10,0 %	86,1 %	90,0 %	95,7 %
GKV	60,5 %	6,0 %	56,9 %	90,0 %	63,2 %
<b>Rückgewinnung Verschlüsse aus Müllverbrennungsanlagen</b>					
Alu-Verschluss	45,0 %	-	45,0 %	-	-

##### Bemerkungen:

Für Daten, die bereits in Netto-Mengen eines Materials ausgewiesen sind, ist keine Korrektur um Störstoffe und Restfeuchte notwendig.

Die maximale ökobilanzielle Erfassungsquote beträgt 99 %. Daher werden Werte über 99 % abgerundet.

##### Verschlussrücklauf

Um die Verschlussrücklaufquote unter Berücksichtigung der Erfassung der Primärverpackungen zu erhalten, muss die Verschlussrücklaufquote mit den Erfassungsquote bzw. Recyclingzuführungsquote multipliziert werden:

- Die Verschlussrücklaufquote auf unbepfandete Einweg-PET-Flaschen ohne Kasten (74,8 %) wird mit der Erfassungsquote in Höhe von 76,5 % multipliziert.

- Die Verschlussrücklaufquote auf Getränkekartonverpackungen (74,8 %) wird mit der Erfassungsquote von Getränkekartons (74,2 %) multipliziert.

Die Verschlussrücklaufquoten auf den Mehrwegflaschen sind nicht mehr in Bezug zur Erfassung der Hauptpackmittel zu setzen, da sie sich aus der zur Verwertung zugeführten Menge ableiten.

Die folgende Tabelle fasst die Verschlussrücklaufquoten unter Berücksichtigung der Erfassung der Primärverpackungen zusammen.

**Tabelle 98: Verschlussrücklaufquoten Basisdaten (unter Berücksichtigung der Erfassung der Primärverpackungen)**

Verpackungsgruppe	Verschlussrücklaufquote auf der Primärverpackung	Verschlussrücklauf lose oder aufgeschraubt in der sekundären Sammlung	Restmüll, Littering
EW-PET ohne Kasten	57,2 %	13,2 %	29,6 %
MW-Glas (Alu-Verschluss)	90,4 %	4,6 %	5,0 %
GKV	55,5 %	12,8 %	31,7 %

Bemerkungen: Bei den Verschlussrücklaufquoten sind die jeweiligen Erfassungsquoten der Primärverpackungen berücksichtigt.

### Optimierungsszenario 2030

Die folgende Tabelle fasst die Recyclingquoten für die Primärverpackungen im Optimierungsszenario 2030 zusammen.

**Tabelle 99: Quoten für Primärverpackungen im Optimierungsszenario 2030**

Verpackungsgruppe	Quote für die werkstoffliche Verwertung	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korrigiert	Sortierquote entsprechend der Literatur	Errechnete Erfassungsquote
<b>Körper und Etikett</b>					
EW-PET ohne Kasten	97,4 %	0,0 %	97,4 %	100,0 %	97,4 %
MW-Glas	94,9 %	0,0 %	94,9 %	99,0 %	95,9 %
GKV	80,0 %	15,0 %	68,0 %	88,8 %	76,6 %
<b>Verschlüsse auf Körper</b>					
EW-PET ohne Kasten	97,4 %	0,0 %	97,4 %	100,0 %	97,4 %
MW-Glas (Alu-Verschluss)	94,9 %	0,0 %	94,9 %	99,0 %	95,9 %
GKV	80,0 %	15,0 %	68,0 %	88,8 %	76,6 %
<b>Verschlüsse lose</b>					

Verpackungsgruppe	Quote für die werkstoffliche Verwertung	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korrigiert	Sortierquote entsprechend der Literatur	Errechnete Erfassungsquote
EW-PET ohne Kasten	65,0 %	6,0 %	61,1 %	92,7 %	65,9 %
MW-Glas (Alu-Verschluss)	95,7 %	10,0 %	86,1 %	90,0 %	95,7 %
GKV	65,0 %	6,0 %	61,1 %	92,7 %	65,9 %

**Rückgewinnung Verschlüsse aus Müllverbrennungsanlagen**

Alu-Verschluss	45,0 %	-	45,0 %	-	-
----------------	--------	---	--------	---	---

**Bemerkungen:**

Für Daten, die bereits in Netto-Mengen eines Materials ausgewiesen sind, ist keine Korrektur um Störstoffe und Restfeuchte notwendig.

Die maximale ökobilanzielle Erfassungsquote beträgt 99 %. Daher werden Werte über 99 % abgerundet.

**Optimierungsszenario 2045**

Die Erfassung, Sortierung und Recyclingzuführung wird für den größten Teil der Getränkeverpackungen bereits 2030 optimiert sein. Weitere Optimierungen wurden bereits im vorherigen Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ erläutert.

Die untenstehende Tabelle fasst die Recyclingquoten für das Optimierungsszenario 2045 zusammen.

**Tabelle 100: Quoten für Primärverpackungen im Optimierungsszenario 2045**

Verpackungsgruppe	Quote für die werkstoffliche Verwertung	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korrigiert	Sortierquote entsprechend der Literatur	Errechnete Erfassungsquote
<b>Körper und Etikett</b>					
EW-PET ohne Kasten	97,4 %	0,0 %	97,4 %	100,0 %	97,4 %
MW-Glas	95,9 %	0,0 %	95,9 %	99,0 %	96,9 %
GKV	85,0 %	15,0 %	72,3 %	88,8 %	81,4 %
<b>Verschlüsse auf Körper</b>					
EW-PET ohne Kasten	97,4 %	0,0 %	97,4 %	100,0 %	97,4 %
MW-Glas (Alu-Verschluss)	95,9 %	0,0 %	95,9 %	99,0 %	96,9 %
GKV	85,0 %	15,0 %	72,3 %	88,8 %	81,4 %
<b>Verschlüsse lose</b>					

Verpackungsgruppe	Quote für die werkstoffliche Verwertung	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korrigiert	Sortierquote entsprechend der Literatur	Errechnete Erfassungsquote
EW-PET ohne Kasten	75,0 %	6,0 %	70,5 %	92,7 %	76,1 %
MW-Glas (Alu-Verschluss)	95,7 %	10,0 %	86,1 %	90,0 %	95,7 %
GKV	75,0 %	6,0 %	70,5 %	92,7 %	76,1 %

#### Rückgewinnung Verschlüsse aus Müllverbrennungsanlagen

Alu-Verschluss	45,0 %	-	45,0 %	-	-
----------------	--------	---	--------	---	---

Bemerkungen:

Für Daten, die bereits in Netto-Mengen eines Materials ausgewiesen sind, ist keine Korrektur um Störstoffe und Restfeuchte notwendig.

Die maximale ökobilanzielle Erfassungsquote beträgt 99 %. Daher werden Werte über 99 % abgerundet.

#### Verschlussrücklaufquote in den Optimierungsszenarien

Wie im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ erörtert, bringt die Umstellung auf Tethered Caps das größte Optimierungspotential beim Verschlussrücklauf mit sich.

Die folgende Tabelle fasst die Verschlussrücklaufquoten unter Berücksichtigung der Erfassung der Primärverpackungen für die für das Getränkesegment Säfte und Nektare relevanten Verpackungsgruppen zusammen.

**Tabelle 101: Verschlussrücklaufquoten in den Optimierungsszenarien (unter Berücksichtigung der Erfassungsquote der Primärverpackung)**

Verpackungsgruppe	Optimierungsszenario 2030			Optimierungsszenario 2045		
	Verschlussrücklaufquote auf der Primärverpackung	Verschlussrücklauf lose	Restmüll, Littering	Verschlussrücklaufquote auf der Primärverpackung	Verschlussrücklauf lose	Restmüll, Littering
EW-PET ohne Kasten	94,4%	4,6%	1,0%	94,4%	4,6%	1,0%
MW-Glas (Alu-Verschluss)	90,4%	4,6%	5,0%	90,4%	4,6%	5,0%
GKV	75,1%	0,8%	24,2%	79,8%	0,8%	19,5%

Bemerkung: Für bepfandete Einweg-PET-Flaschen wird vereinfacht vom „Verschlussrücklauf lose“ gesprochen. Die dargestellten Werte enthalten jedoch auch aufgeschraubte Verschlüsse, die über die sekundäre Sammlung erfasst werden.

#### 4.3.7.7 Andere Verpackungsbestandteile

Für Um- und Transportverpackungen wird von der vereinfachten Methode Gebrauch gemacht, die Daten aus der abfallwirtschaftlichen Berichterstattung zu verwenden.

#### 4.3.7.7.1 Zusammenfassung der Quoten für Um- und Transportverpackungen in den Basisdaten

##### Basisdaten

Die nachfolgende Tabelle 70 stellt die Recyclingquoten für die Um- und Transportverpackungen in den Basisdaten dar.

**Tabelle 102: Quoten für Um- und Transportverpackungen, Basisdaten**

Verpackungsart	Quote für die werkstoffliche Verwertung	Korrekturfaktor Störstoffe und Restfeuchte	Werkstoffliche Verwertung korrigiert	Sortierquote entsprechend der Literatur	Errechnete Erfassungsquote
Kunststofffolien	60,5 %	8,0 %	55,7 %	92,7 %	60,0 %
Wellpappetrays	88,1 %	0,0 %	88,1 %	90,0 %	97,9 %
Paletten	24,3 %	0,0 %	24,3 %	100,0 %	24,3 %
Kunststoffkästen	90,0 %	0,0 %	90,0 %	100,0 %	90,0 %

Bemerkungen:

Die werkstofflichen Verwertungsquoten für Kunststofffolien, Wellpappetrays und Paletten sind aus GVM (2021c) bzw. GVM (2021a) entnommen.

Die Korrekturfaktoren sind aus der Literatur übernommen.

#### 4.3.7.7.2 Optimierungsszenarien für Um- und Transportverpackungen

Die hohen Erfassungs- und Recyclingquoten von Getränkeverpackungen lassen nur einen geringen Spielraum für Optimierungspotentiale. Die daraus resultierenden Optimierungsszenarien wurden bereits im vorangegangenen Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ tabellarisch dargestellt.

#### 4.3.7.8 Energetische Verwertung

Die folgende Tabelle 73 fasst die energetische Verwertung von Verpackungen nach Verpackungsbestandteilen und Materialien zusammen.

**Tabelle 103: Energetische Verwertung, Basisdaten und Optimierungsszenarien**

	Basisdaten			Optimierungsszenario 2030			Optimierungsszenario 2045		
	Werkstoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Verwertung gesamt	Werkstoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Verwertung gesamt	Werkstoffliche Verwertung	Energetische Verwertung	Verwertung gesamt
<b>Körper, Kunststoffetiketten, Verschlüsse aufgeschraubt</b>									
EW-PET ohne Kasten	62,0 %	<b>37,8 %</b>	99,8 %	97,4 %	<b>2,4 %</b>	99,8 %	97,4 %	<b>2,4 %</b>	99,8 %
GKV	65,9 %	<b>33,7 %</b>	99,6 %	68,0 %	<b>31,6 %</b>	99,6 %	72,3 %	<b>27,4 %</b>	99,6 %
<b>Etiketten</b>									
Papieretiketten	93,9 %	<b>5,8 %</b>	99,8 %	94,9 %	<b>4,8 %</b>	99,7 %	95,9 %	<b>3,8 %</b>	99,7 %
<b>Verschlüsse lose</b>									
Kunststoffverschlüsse	56,9 %	<b>42,8 %</b>	99,7 %	61,1 %	<b>38,6 %</b>	99,7 %	70,5 %	<b>29,2 %</b>	99,7 %
Aluminiumverschlüsse	86,1 %	<b>10,8 %</b>	96,9 %	86,1 %	<b>10,8 %</b>	96,9 %	86,1 %	<b>10,8 %</b>	96,9 %
<b>Um- und Transportverpackungen</b>									
Kunststofffolien	55,7 %	<b>44,0 %</b>	99,7 %	59,8 %	<b>39,9 %</b>	99,7 %	70,5 %	<b>29,2 %</b>	99,7 %
Wellpappetrays	88,1 %	<b>11,7 %</b>	99,8 %	89,7 %	<b>10,1 %</b>	99,8 %	89,7 %	<b>10,1 %</b>	99,8 %
Paletten	24,3 %	<b>73,9 %</b>	98,2 %	30,0 %	<b>68,2 %</b>	98,2 %	30,0 %	<b>68,2 %</b>	98,2 %
Kunststoffkästen	90,0 %	<b>9,7 %</b>	99,7 %	95,0 %	<b>4,7 %</b>	99,7 %	95,0 %	<b>4,7 %</b>	99,7 %

## 4.3.8 Transportentfernungen

### 4.3.8.1 Grundlagen

Der Umfang der ökobilanziellen Untersuchung ermöglicht keine eigenständige Erhebung der Transportentfernungen, die den Vorgaben der Mindestanforderungen (Vgl. Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“) genügt. Aus diesem Grund werden Daten aus vorliegenden Studien aufbereitet, bewertet und auf die aktuellen Gegebenheiten angepasst. Die Unsicherheiten bei einer vereinfachten Erhebung der Transportentfernungen werden als höher angenommen als bei der Verwendung und Anpassung vorhandener Daten.

#### Zusammensetzung der Transportentfernung bei Mehrweg-Getränkeverpackungen

Die Transportentfernung der Mehrweg-Getränkeverpackungen setzt sich aus vier möglichen Teilstrecken zusammen:

- ▶ Distribution: Transport von Verpackung und Füllgut vom Abfüllort zur Verkaufsstelle
- ▶ Redistribution: Transport des Leerguts von der Verkaufsstelle zum Abfüllort
- ▶ Leerfahrten: Leerfahrten treten auf, wenn auf die Lieferung von Voll- oder Leergut kein Transport von Leer- bzw. Vollgut erfolgt.
- ▶ Austauschfahrten: Transport von Mehrwegflaschen zwischen verschiedenen Mehrweg-Abfüllern

#### Zusammensetzung der Transportentfernung bei Einweg-Getränkeverpackungen

Die Transportentfernung der Einweg-Getränkeverpackungen setzt sich aus drei möglichen Teilstrecken zusammen:

- ▶ Distribution: Transport von Verpackung und Füllgut vom Abfüllort zur Verkaufsstelle
- ▶ Rückführung: Transport der zurückgelaufenen Einweg-Getränkeverpackungen in die Zentralläger<sup>28</sup>
- ▶ Leerfahrten: Leerfahrten können bei der Distribution von Einweg-Getränkeverpackungen auftreten, da in den Zentrallägern oder im Getränkefachgroßhandel kein Tausch gegen Leergut stattfindet.

### 4.3.8.2 Datenquellen

Für dieses Vorhaben standen insbesondere die folgenden Datenquellen zur Verfügung:

- ▶ MarktSensor-Fachgutachten zu den Transportentfernungen von Getränkekartonverpackungen, PET-Getränkeflaschen und Mehrweg-Getränkeflaschen im Auftrag des FKN (2016)<sup>29</sup>
- ▶ Deloitte-Studie zu den Transportentfernungen in den Getränkesegmenten Wässer, Erfrischungsgetränke und Bier (2013)<sup>30</sup>
- ▶ Angaben aus dem Begleitkreis

---

<sup>29</sup> Im Folgenden MarktSensor-Fachgutachten

<sup>30</sup> Im Folgenden Deloitte-Studie

### MarktSensor-Fachgutachten

Für die ökobilanzielle Analyse von Getränkekartonverpackungen, PET-Getränkeflaschen und Mehrweg-Getränkeflaschen hat MarktSensor 2016 Distributionsentfernungen von Getränkeverpackungen erhoben. Dabei wurde das Getränkesegment Säfte und Nektare in die Betrachtung miteingeschlossen. MarktSensor hat das Fachgutachten im Auftrag des FKN durchgeführt.

### Deloitte-Studie

Auf die Deloitte-Studie wurde im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ bereits ausführlich eingegangen. Zwischen 2012 und 2013 hat die Unternehmensberatung Weihenstephan GmbH, ein Tochterunternehmen von Deloitte Consulting, im Auftrag des BVE und HDE in der Studie „Umlaufzahlen und Transportentfernungen in der Getränkeindustrie“ Daten bei abfüllenden Betrieben erhoben und diese mit GfK-Daten zum Konsum von Getränken verknüpft. Aus dem Datengerüst wurden die Transportentfernungen ermittelt.

### Vergleich der Transportentfernungsstudien

Die Ergebnisse der Deloitte-Studie dienen als Grundlage der Transportentfernungen in den Getränkesegmenten Wässer, Erfrischungsgetränke und Bier, die im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ untersucht wurden. Da die Deloitte-Studie keine Transportentfernungen für das Getränkesegment Säfte und Nektare erhoben hat, wurde hierfür das MarktSensor-Fachgutachten hinzugezogen.

Nachfolgend sollen die folgenden Aspekte des MarktSensor-Fachgutachtens und der Deloitte-Studie gegenübergestellt werden, um die Transportentfernungen methodisch miteinander zu vergleichen:

- ▶ Berechnungsmethode
- ▶ Verwendete Daten
- ▶ Ergebnispräsentation
- ▶ Ergebnisse

Ergänzend werden in der Übersicht der Transportentfernungen (Vgl. untenstehende Tabelle) auch angepasste MarktSensor-Ergebnisse und Angaben des VdF zu Transportentfernungen im Mehrwegsystem mit den Ergebnissen verglichen.

#### Berechnungsmethode

Was den Methodenvergleich angeht, stehen die gewählten Berechnungsmodelle im Fokus:

- ▶ In der Deloitte-Studie wird ein Zwei-Punkt-Modell angewendet (Abfüller – Point of Sale).
- ▶ MarktSensor hingegen wendet ein Drei-Punkt-Modell an (Abfüller – GFGH/Zentrallager – Point of Sale).

Ein Drei-Punkt-Modell führt grundsätzlich zu höheren Transportentfernungen als ein Zwei-Punkt-Modell. Es ist aber fraglich, ob dieser methodische Unterschied die gesamte Diskrepanz zwischen den Transportentfernungen (Vgl. nachfolgende Abschnitte) erklären kann.

## Verwendete Daten

MarktSensor hat die Transportentfernungen auf der Basis der folgenden Daten abgeleitet:

- ▶ Produktkennzeichnung auf der Verpackung (Rückschluss auf Abfüllort)
- ▶ Segmentierung der POS-Stellen/Verkaufsstellen der verschiedenen Handelsschienen Discount, LEH und GFGH/ C&C Märkte
- ▶ Kenntnisse zu den logistischen Abläufen im Handel

Deloitte hat Marktforschungsdaten zum Getränkeverbrauch mit den Abfüllstandorten der Abfüller verknüpft und für diese Strecke die Transportentfernungen ermittelt.

Beide Methoden sind grundsätzlich dazu geeignet, Transportentfernungen zu ermitteln. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass unterschiedliche Datengrundlagen gewählt wurden.

## Ergebnispräsentationen

Die Ergebnispräsentation unterscheidet sich stark. MarktSensor präsentiert die Ergebnisse

- ▶ verpackungssystemspezifisch sowie
- ▶ getränkesegmentsspezifisch.

Getränkesegmentsspezifische Transportentfernungen beschreiben die Distributionsstruktur aller Verpackungen in einem Getränksegment. Der Grundgedanke ist, dass die Transportentfernung keine inhärente Eigenschaft einer Verpackung ist, sondern aus den Strukturen in einem Getränksegment resultiert.

Die verpackungsspezifische Transportentfernung hingegen gibt die spezifische Situation eines Verpackungssystems in einem Getränksegment wieder.

Deloitte präsentiert die Ergebnisse ausschließlich verpackungsspezifisch. Die Transportentfernungen werden zudem hinsichtlich der folgenden beiden Kriterien differenziert:

- ▶ Pool- und Individualflaschen
- ▶ Betriebsgrößenstruktur der Abfüller

## Variante der MarktSensor-Ergebnisse

Das MarktSensor-Fachgutachten baut auf den Marktgegebenheiten von 2015 auf. Was das Mehrwegsystem angeht, hat es seit 2015 Marktveränderungen gegeben.

Im Rahmen dieses Vorhabens wurde auf der Basis der Teilergebnisse von MarktSensor eine neue Variante der Transportentfernungen berechnet. Die zugrunde liegenden Annahmen sind:

- ▶ Der Marktanteil der Mehrweg-Glasflaschen hat seit 2015 zugenommen.
- ▶ Die überregionale Distribution hat davon stärker profitiert als die nationale Distribution.
- ▶ Die Gewichtungsfaktoren der regionalen, überregionalen und nationalen Distribution müssen folglich angepasst werden.

Unter Berücksichtigung der neuen Gewichtungsfaktoren ergibt sich eine Transportentfernung von 582 km. Die Transportentfernung ist 41 km (7 %) geringer als die ursprüngliche Transportentfernung im MarktSensor-Fachgutachten.

### Angaben Poolbetreiber VdF

Der VdF geht für die Mehrwegflaschen von den folgenden Transportentfernungen aus:

- ▶ Transport vom Abfüller zum POS: ca. 150 km, maximal 250 km
- ▶ Redistribution Leergut: unter 100 km
- ▶ Austauschfahrten: unter 100 km (sofern durchgeführt)

### Zusammenfassung

Die folgende Tabelle stellt die Transportentfernungen nach Deloitte (2013), MarktSensor (2016) und Angaben des VdF gegenüber.

**Tabelle 104: Vergleich der Transportentfernungen nach Deloitte (2013), MarktSensor (2016) und Angaben des VdF**

Quelle	Getränksegment	MW-Glas	EW-PET	EW-GKV
Deloitte	Wässer	259 km	265 km	-
	Erfrischungsgetränke	246 km	262 km	-
	Bier	437 km	460 km	-
MarktSensor	Saft – verpackungssystemspezifisch	623 km	466 km	440 km
	Saft – getränksegmentspezifisch	668 km	472 km	472 km
	Saft – verpackungssystemspezifisch, angepasst	582 km	-	-
VdF	Saft	250 km – 350 km	-	-

Anmerkung: Transportentfernung Mehrweg inkl. Redistribution

Die von MarktSensor ermittelten Transportentfernungen sind deutlich höher als die Transportentfernungen in den Getränksegmenten Wässer, Erfrischungsgetränke und Bier, die von Deloitte erhoben wurden.

Verschiedene Aspekte können die unterschiedlichen Größenordnungen bei den Transportentfernungen erklären:

- ▶ Unterschiedliche Distributionsstrukturen in den Getränksegmenten
- ▶ Unterschiedliche Berechnungsmodelle
- ▶ Unterschiedliche Bezugsjahre

Für die Saft-Mehrweg-Glasflaschen, die zum erheblichen Anteil regional und überregional vertrieben werden, hat MarktSensor Transportentfernungen ermittelt, die die Transportentfernungen der Mehrweg-Glasflaschen für Wässer und Erfrischungsgetränke nach der Deloitte-Studie um den Faktor 2,5 übersteigen.

Insbesondere der Anteil der Leerfahrten an der gesamten Transportentfernung ist im MarktSensor-Fachgutachten deutlich höher:

- ▶ In den von GVM angepassten Ergebnissen auf der Basis der Deloitte-Studie machen Leerfahrten bei den Einweg-Getränkeverpackungen 11 % - 12 % der Transportentfernung aus. Bei Mehrweg-Getränkeverpackungen werden keine Leerfahrten berücksichtigt.
- ▶ Im MarktSensor-Fachgutachten beträgt der Anteil der Leerfahrten 25 % bis 27 % der Transportentfernungen der Einweg-Getränkeverpackungen. Die Rückfahrten der Mehrwegdistribution entsprechen den Transportentfernungen zum Zentrallager/GFGH bzw. zum Verkaufsort. Leerfahrten werden hier folglich ebenfalls nicht berücksichtigt.

### Abschließende Bewertung

Die Differenz der Transportentfernungen kann zum Teil auf methodische Unterschiede zurückgeführt werden:

- ▶ Das Drei-Punkt-Modell führt grundsätzlich zu längeren Transportentfernungen als das Zwei-Punkt-Modell.
- ▶ MarktSensor nimmt einen höheren Anteil der Leerfahrten an den Transportentfernungen an.
- ▶ Die verwendeten Datenquellen unterscheiden sich.

Die Ergebnisse sind aus den aufgezählten Gründen nicht miteinander vergleichbar. Daraus folgt, dass die Ergebnisse in diesem Vorhaben nicht „nebeneinander“ angewendet werden.

#### 4.3.8.3 Basisdaten

##### 4.3.8.3.1 Datenbasis

Nach abschließender Bewertung der Transportstudien als nicht miteinander vergleichbar wurde entschieden, für die Transportwege des Getränkesegments Säfte und Nektare ausschließlich die Ergebnisse aus dem MarktSensor-Fachgutachten zu verwenden. Die Ergebnisse werden hinsichtlich der folgenden Punkte an die Methode der Deloitte-Studie bzw. an die Methode des Kapitels „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ für Wässer, Erfrischungsgetränke und Bier angepasst:

- ▶ Annahmen zur Feindistribution der Getränkeverpackungen
- ▶ Annahmen zu den Leerfahrten der Einweggetränkeverpackungen

Die Anpassungen sind notwendig, um ein Mindestmaß der Datensymmetrie zwischen den untersuchten Getränkesegmenten herzustellen.

##### 4.3.8.3.2 Anpassung der Transportentfernungen

#### Feindistribution

Die Feindistribution beschreibt die Verteilung ab dem Getränkefachgroßhandel. MarktSensor hat für diesen Streckenabschnitt sehr differenziert Transportentfernungen ermittelt. Für die Feindistribution ergeben sich Entfernungen zwischen 50 km und 56 km (getränkespezifische Transportentfernung: 52,4 km).

In anderen Studien werden deutlich weniger komplexe Modelle für diesen Streckenabschnitt angewendet oder die Feindistribution wird durch die Verwendung eines 2-Punkt-Modells nicht explizit berücksichtigt.

In den Deloitte-Daten wird dieser Streckenabschnitt nicht eigenständig untersucht, da ein 2-Punkt-Modell angewendet wird (Abfüller – Handel statt Abfüller – GFGH/Zentrallager – Handel).

Was die Rückführung der bepfandeten Einweg-Getränkeverpackungen angeht, greifen die Autoren\*innen auf die Annahmen aus der IK-Ökobilanz zurück (42 km)<sup>31</sup>.

MarktSensor hat die Distributionsstruktur zum Teil aus dem Milchmarkt auf den Saftmarkt übertragen.<sup>32</sup> Die hier beschriebene Anpassung kehrt die Vorgehensweise um. Die vereinfachten Distributionsannahmen, die in dem Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ für die Getränkesegmente Wässer, Erfrischungsgetränke und Bier angewendet werden, wurden auf das Getränkesegment Säfte und Nektare übertragen.

### Anpassung

Für den Streckenabschnitt GFGH/Zentrallager – Handel wurde eine vereinfachte Distributionsstruktur angenommen, um die Datensymmetrie mit den anderen Getränkesegmenten herzustellen.

### Leerfahrten

MarktSensor hat die Distributionsstrukturen sehr differenziert untersucht und bewertet. Im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ hingegen wurden die Leerfahrten in einem vereinfachten Verfahren ermittelt: Der Faktor für die Leerfahrten beträgt 14,5 % der Transportentfernung vom Abfüller zum Handel.

Die vereinfachten Annahmen aus Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ wurden ebenfalls für das Getränkesegment Säfte und Nektare angewendet, um bei den Leerfahrten eine Datensymmetrie herzustellen.

Bei den Mehrwegflaschen fallen keine Leerfahrten an, da angenommen wird, dass auf einen Vollguttransport eine Rückfahrt mit dem Leergut folgt.

### Austauschfahrten der Mehrweggebinde

Austauschfahrten der Mehrweggebinde können auftreten zwischen

- ▶ zwei Fruchtsaftabfüllern, um Absatzspitzen abzufangen.
- ▶ Fruchtsaftabfüller und anderen Abfüllern (z.B. Mineralbrunnen), um Fremdflaschen zu tauschen.

Der Tausch zwischen den Fruchtsaftabfüllern ist nach Angaben des VdF in den vergangenen Jahren stark zurückgegangen.

Der Fremdflaschenanteil hat hingegen stark zugenommen. Die Gründe sind:

- ▶ Der VdF-Getränkekasten ist sehr hoch und hat große Gefache. Nahezu alle Flaschen können in den Getränkekasten gestellt werden. Dieser Umstand wird sowohl von den Konsumenten als auch vom Einzelhandel ausgenutzt. Das erhöht den Fremdflaschenanteil.
- ▶ Der Fremdflaschenanteil ist insbesondere bei der Rückführung aus dem LEH sehr hoch. Der zunehmende Absatz über den LEH führt zu einem höheren Fremdflaschenanteil.

<sup>31</sup> Vgl. Kauertz et al. (2010)

<sup>32</sup> MarktSensor hat die Transportentfernungen im Segment Milch im Rahmen der FKN-Ökobilanz ebenfalls untersucht.

### Annahmen Austauschfahrten

Für die Austauschfahrten werden die folgenden Annahmen zugrunde gelegt:

- ▶ 4 % der Flaschen werden mit anderen Abfüllern getauscht.
- ▶ Die Transportentfernung für den Flaschentausch beträgt 100 km (Datenabfrage VdF)

Der Anteil der getauschten Flaschen ist mit 4,0 % höher als die Anteile der getauschten Mehrwegflaschen für Wässer und Erfrischungsgetränke (1,0 % bis 3,1 %).

### Diskussion der Redistributionsentfernung Mehrweg

Das VdF-Mehrwegsystem besteht aus

- ▶ Pool-Flaschen und
- ▶ Pool-Getränkekästen.

Jeder Poolteilnehmer kann folglich die eingesetzten Poolgebinde wiederbefüllen. Unter idealen Bedingungen ist die Redistribution kürzer als die Distribution, da das Leergut zum nächstgelegenen Abfüller geliefert wird.

Dieser Argumentation stehen jedoch Absprachen und Verträge gegenüber, die einen 1:1-Tausch von Voll- und Leergut zwischen einem Abfüller und dem Getränkefachgroßhandel oder Zentrallägern regeln.

Nach Angaben des VdF findet die 1:1-Lieferung insbesondere in der regionalen Distribution Anwendung. Bei der überregionalen und nationalen Distribution hingegen wird die 1:1-Lieferung u.a. vor dem Hintergrund hoher Transportkosten nicht gefordert.

Was die „weiten“ Transportentfernungen angeht, kann die Annahme, dass die Rückfahrt der Hinfahrt entspricht, nicht angewendet werden.

### Vergleich zu anderen Pool-Mehrweg-Verpackungssystemen

Bei den Pool-Mehrweg-Verpackungssystemen für Wässer und Erfrischungsgetränke wird die verkürzte Redistributionsentfernung ausschließlich in den Optimierungsszenarien angewendet.

Vor dem Hintergrund, dass die regionale Distribution im Fruchtsaftmarkt eine große Bedeutung hat, wird für die Basisdaten an der Annahme „Hinfahrt = Rückfahrt“ festgehalten.

In den Optimierungsszenarien wird eine reduzierte Transportentfernung für die Redistribution der Mehrwegflaschen angenommen.

#### 4.3.8.3.3 Übersicht der Transportentfernungen

##### Übersicht der Anpassungen

Die Transportentfernungen wurden im Vergleich zu den Ergebnissen im MarktSensor-Fachgutachten wie folgt angepasst:

- ▶ Mehrweg-Glasflaschen:
  - angepasste Verteilung der nationalen, überregionalen und regionalen Distribution
  - vereinfachte Feindistribution

- ▶ Einweg-PET-Flaschen
  - vereinfachte Feindistribution
  - vereinfachte Berücksichtigung der Leerfahrten
- ▶ Getränkekarton
  - vereinfachte Feindistribution
  - vereinfachte Berücksichtigung der Leerfahrten

#### **Vergleich mit den MarktSensor-Ergebnissen**

Verglichen mit den MarktSensor-Ergebnissen reduzieren sich die Transportentfernungen der

- ▶ Mehrweg-Glasflaschen um 70 km (-11 %).
- ▶ Einweg-PET-Flaschen um 86 km (-18 %).
- ▶ Getränkekartonverpackungen um 76 km (-17 %).

#### **Sensitivitätsanalyse**

Die Transportentfernung hat insbesondere Auswirkungen auf das ökobilanzielle Abschneiden der Mehrweg-Glasflaschen. Von daher wird für die Mehrweg-Glasflasche eine Sensitivität mit den Angaben des VdF berechnet. Die folgende Tabelle 78 fasst die Basisdaten der Transportentfernungen zusammen.

**Tabelle 105: Basisdaten Transportentfernung (in km)**

Getränke- segment	Verpackungsgruppe	Transport zum POS	Redistribution Leergut	Rückführung Einweg	Leerfahrt	Austauschfahrt	Summe in km
Säfte und Nektare	MW Glas	274,8	274,8			4,0	<b>553,5</b>
	EW PET	331,9			48,1		<b>380,0</b>
	Getränkekarton	318,4			46,2		<b>364,6</b>
Sensitivität	MW Glas	150,0	150,0				<b>300,0</b>

Quelle: GVM, eigene Berechnung nach MarktSensor (2016) und Angaben VdF

#### 4.3.8.4 Optimierungsszenarien

Im Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ wurden bereits verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten beschrieben. Nachfolgend werden für die Optimierungsszenarien bezüglich der Verpackungen von Fruchtsäften die folgenden Themen diskutiert.

- ▶ Redistributionsentfernung Mehrweg
- ▶ Konsolidierung der Abfüller
- ▶ Steigende Transportkosten / Energiekosten
- ▶ Rückführung bepfandeter Einweg-PET-Getränkeflaschen

##### **Redistributionsentfernung Mehrweg**

Auf die optimierte Redistribution der Poolgebinde wurde in Kapitel „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ eingegangen. In den Optimierungsszenarien wird ein Abschlag in Höhe von 20 % auf die Transportentfernungen berechnet.

##### **Konsolidierung der Abfüller**

Der VdF erwartet bei den Abfüllern in Mehrwegflaschen eine Konsolidierung. Grund ist, dass einige Familienbetriebe nicht fortgeführt werden.

Die sinkende Anzahl der Poolteilnehmer wird zu einer Zunahme der Transportentfernungen führen.

##### **Steigende Transportkosten / Energiekosten**

Im Kapitel 4.2 „Recherche und Abbildung der Verpackungssysteme für die Szenarien“ werden Annahmen zur Reduzierung der Transportentfernungen getroffen: Insbesondere aufgrund der steigenden Energiepreise gehen die Auftragnehmer davon aus, dass sich die Transportentfernungen reduzieren werden:

- ▶ 2030 um 5 % im Vergleich zu den Basisdaten und
- ▶ 2045 um 12 % im Vergleich zu den Basisdaten.

Auf Einweg- und Mehrweggetränkeverpackungen wirken sich die Reduzierungen der Transportentfernungen unterschiedlich stark aus:

- ▶ Bei Einweg-Getränkeverpackungen reduzieren sich die Transportentfernungen bis zum Handel sowie die Leerfahrten.
- ▶ Bei den Mehrweg-Getränkeverpackungen werden die sinkenden Transportentfernungen durch die verlängerten Transportentfernungen in Folge der Konsolidierung der Abfüller ausgeglichen. In den Optimierungsszenarien nehmen wir daher an, dass die Transportentfernungen
  - 2030 den Basisdaten entsprechen
  - 2045 um 7 % geringer ausfallen als die Basisdaten.

### Rückführung bepfandeter Einweg-PET-Getränkeflaschen

In den Optimierungsszenarien sind die Einweg-PET-Getränkeflaschen bepfandet. Die Rückführung der Einweg-PET-Flaschen ist daher zusätzlich zu berücksichtigen. Die Transportentfernung steigt um 35 km an.

Die zwei folgenden Tabellen stellen die Transportentfernungen in den Optimierungsszenarien nach Verpackungsgruppen und Streckenabschnitten dar.

**Tabelle 106: Optimierungsszenario 2030: Transportentfernungen (in km)**

Getränke- segment	Verpackungsgruppe	Transport zum POS in km	Redistribution Leergut in km	Rückführung Einweg in km	Leerfahrt in km	Austauschfahrt in km	Summe in km
Säfte und Nektare	MW Glas	274,8	219,8			4,0	<b>498,6</b>
	EW PET	315,3		35,0	45,7		<b>396,0</b>
	Getränkekarton	302,5			43,9		<b>346,3</b>
Sensitivität	MW Glas	150,0	120,0				<b>270,0</b>

Quelle: GVM, eigene Berechnung nach MarktSensor (2016) und Angaben VdF

**Tabelle 107: Optimierungsszenario 2045: Transportentfernungen (in km)**

Getränke- segment	Verpackungsgruppe	Transport zum POS in km	Redistribution Leergut in km	Rückführung Einweg in km	Leerfahrt in km	Austauschfahrt in km	Summe in km
Säfte und Nektare	MW Glas	255,5	204,4			4,0	<b>464,0</b>
	EW PET	292,1		35,0	42,4		<b>369,4</b>
	Getränkekarton	280,2			40,6		<b>320,8</b>
Sensitivität	MW Glas	139,5	111,6				<b>251,1</b>

Quelle: GVM, eigene Berechnung nach MarktSensor (2016) und Angaben VdF

**Veränderung der Transportentfernungen**

Die folgende Tabelle fasst abschließend die Veränderung der Transportentfernung zusammen.

**Tabelle 108: Entwicklung der Transportentfernungen (in km)**

Getränke- segment	Verpackungsgruppe	Basisdaten	Optimierungsszenario 2030	Optimierungsszenario 2045
Säfte und Nektare	MW Glas	553,5	498,6	464,0
	EW PET	380,0	396,0	369,4
	Getränkekarton	364,6	346,3	320,8
Sensitivität	MW Glas	300,0	270,0	251,1

## 5 Ökobilanzierung

### 5.1 Zielsetzung des Arbeitspaketes

Ziel des Arbeitsschrittes (AP 4 gemäß der Projektstruktur) war primär die Darstellung der Ergebnisse der ökobilanziellen Berechnungen. Darüber hinaus waren aber auch die Inhalte zu ergänzen, die für die Nachvollziehbarkeit und Bewertung der Ergebnisse notwendig sind, die aber noch nicht in den vorherigen Abschnitten zum Untersuchungsrahmen und zur Datenerhebung behandelt wurden.

Grundsätzlich gliedert sich eine Ökobilanz gem. ISO 14040ff. in die folgenden vier Elemente:

- ▶ Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens
- ▶ Sachbilanz
- ▶ Wirkungsabschätzung
- ▶ Auswertung

Die Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens erfolgte vollumfänglich im Rahmen des AP 3 und ist in den entsprechenden Abschnitten 2 „Ziel der Studie“ und 3 „Untersuchungsrahmen“ dokumentiert. Die wesentlichen Daten zur Beschreibung der Verpackungssysteme wurden im AP 2 erhoben und sind im Abschnitt 4 „Datenerhebung“ festgehalten. Zu ergänzen sind im Wesentlichen noch eine Beschreibung der Prozessdaten, die Dokumentation der Datenquellen der Hintergrunddaten sowie eine Liste der zu bilanzierenden Szenarien. Diese Inhalte sind neben der Dokumentation und der Beschreibung der Ergebnisse Inhalt dieses Abschnitts. Die Auswertung erfolgt im folgenden Abschnitt 6 dieses Berichts.

### 5.2 Sachbilanz

An dieser Stelle erfolgt eine grundlegende Beschreibung hinsichtlich der folgenden Punkte:

- ▶ Welche Datengrundlagen werden für die Hintergrunddaten bei der Abbildung des Status quo genutzt?
- ▶ Auf welcher Basis erfolgt die Abbildung der Hintergrunddaten der prospektiven Szenarien?
- ▶ Woher stammen die Prozessdaten bei der Abbildung des Status quo, welche Annahmen werden für die prospektiven Szenarien getroffen?

Abschließend wird die Rationale bei der Bildung der Szenarien beschrieben und die Benennung der Szenarien kurz erläutert.

#### 5.2.1 Hintergrunddaten im Status quo

Entsprechend den UBA-Mindestanforderungen nutzt die hier vorgelegte Studie für die Abbildung der Hintergrunddaten, soweit es möglich ist, unverarbeitete Primärdaten und primäre Datenquellen, deren Validität und Passgenauigkeit beurteilbar ist. Es ist Aufgabe der Auswertung mögliche methodische Diskrepanzen in den Datensätzen hinsichtlich der potenziellen Auswirkungen auf die Ergebnisse zu beschreiben und zu beurteilen. Auch die Nutzung einer Ökobilanz-Datenbank, die Datensätze sammelt und in Bemühung um Vereinheitlichung verändert entbindet die Autor\*innen nicht von dieser Pflicht. Da die

Veränderungen an Datensätzen durch die Datenbanken jedoch nicht immer transparent und nachvollziehbar sind, verwendet ifeu traditionell Primärdatenquellen.

### 5.2.2 Rohmaterialien

Für die Abbildung der Rohmaterialien wird, auf die in der Regel extern erhobenen und validierten sowie häufig auch kritisch begutachteten Publikationen der nationalen und internationalen Wirtschafts- und Industrievereinigungen zurückgegriffen. Bei den verwendeten Prozessdatensätzen für die Rohmaterialien handelt es sich um Hintergrunddaten 2. Ordnung. Die Datensätze verfügen über eine hohe Konsistenz im Umgang mit Koppelproduktion. Die folgende Aufzählung gibt eine grobe Übersicht über die Datenquellen:

- ▶ Alle Kunststoffe (PET, HDPE, LDPE und PP) werden anhand der Veröffentlichungen von PlasticsEurope bilanziert. Die Datensätze haben allesamt eine hohe Repräsentativität für die europäische Produktion an Kunststoffen und sind in keinem Fall älter als 10 Jahre. Die Datensätze sind kritisch begutachtet und auch Basis der Aufbereitung in Ecoinvent.
- ▶ Primäraluminium wird anhand der Publikation von European Aluminium (EA) abgebildet. Der Datensatz erreicht eine Repräsentativität für die europäische Aluminiumproduktion von über 80 % und umfasst die Herstellung von Aluminiumblöcken von der Bauxitgewinnung über die Aluminiumoxidherstellung bis hin zur Herstellung der fertigen Aluminiumstäbe. Auch die Herstellung der Anoden und die Elektrolyse sind inkludiert.
- ▶ Die für die Herstellung von Hohlglas verwendeten Daten sind vom Bundesverband Glasindustrie e.V. (BVGlas) zusammengestellt worden und repräsentieren die deutsche Produktion von Lebensmittelbehälterglas im Jahr 2012. Die Daten umfassen Angaben zum Energierägermix und zum Fremdscherbenanteil. Die grundlegende Modellierung des Datensatzes entstammt der UBA II Ökobilanz. Der Datensatz erlaubt die Integration aktueller Strom- und Energieträgervorketten und ist daher valide für das Bezugsjahr der Ökobilanz<sup>33</sup>.
- ▶ Die Herstellung des Rohkartons (LPB) für Getränkekartons basiert auf Daten von nordeuropäischen Produzenten. Diese Daten umfassen vier verschiedene Produktionsstandorte, in welchen über 95 % des in Europa verwendeten LPBs produziert werden, und beziehen sich auf das Jahr 2009.
- ▶ Weißblech wird anhand der Publikation von APEAL abgebildet. Der Datensatz repräsentiert durchschnittliche Daten (Gate-to-Gate) der europäischen Stahlproduzenten. Laut APEAL repräsentiert der Datensatz etwa 95 % des jährlichen europäischen Liefer- oder Produktionsvolumens.
- ▶ Für die Abbildung der Herstellung von Verpackungskomponenten aus Wellpappe wurden in der vorliegenden Ökobilanz die Datensätze der europäischen Wellpappe-Hersteller (FEFCO; The European Federation of Corrugated Board Manufacturers) verwendet. Die Datensätze liefern gewichtete Mittelwerte der in der Datenerhebung durch FEFCO erfassten europäischen Standorte.
- ▶ Der Datensatz für Aluminiumfolie zur Verwendung in Getränkeverbundkartons (5–200 µm) basiert auf Daten, die die EA zusammen mit der European Aluminium Foil Association

---

<sup>33</sup> Ein neuerer Datensatz für 2016 von FEVE 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 attributionale 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.

(EAFA) für das Jahr 2010 für die Herstellung von Halbzeugen aus Aluminium erstellt hat. Bei Aluminiumfolien entspricht dies 51 % der Gesamtproduktion in Europa. Es werden beide Technologien (klassische Folienproduktion und Bandgießtechnologie) entsprechend den europäischen Produktionsmengen bilanziert (57 % Bandgießtechnologie).

### 5.2.3 Transporte und Strommix

Für die Abbildung der LKW-Transporte und des Strommixes nutzt ifeu eigene Modellierungen, die seit vielen Jahren fortgeschrieben und immer den neusten verfügbaren Datenquellen angepasst werden. Bei den verwendeten Prozessdatensätzen für die Abbildung der Transporte und der Energiebereitstellung handelt es sich somit um Hintergrunddaten 2. Ordnung.

- ▶ Der zur Abbildung der LKW-Transporte 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.
- ▶ 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 Prozessdaten zur elektrischen Energiebereitstellung werden aus einem Master-Netzwerk für die Modellierung des Netzstroms bezogen und jährlich vom ifeu aktualisiert. Es basiert auf nationalen Strommixdaten der Internationalen Energieagentur (IEA).

### 5.2.4 Hintergrunddaten für die prospektiven Szenarien

Die Hintergrunddaten für die prospektiven Szenarien basieren für alle Rohmaterialen und Energieprozesse (Strom und thermische Energie) auf dem GreenSupreme Szenario der RESCUE Studie und wurden im Rahmen des Projektes „Betrachtung von Rohstoffaufwendungen und Umweltwirkungen für die Energiewende in einem ressourcenschonenden und treibhausgasneutralen Deutschland“ (REFINE) erarbeitet.

Die Datensätze basieren auf den Ecoinventdatensätzen, die auf die veränderten Rahmenbedingungen in den Jahren 2030 und 2045 angepasst werden.

Diese Veränderung in der Datengrundlage bringt aufgrund einer anderen Herangehensweise bei der Modellierung der Datensätze Artefakte in die Ergebnisse (im Sinne von Einfluss auf die Ergebnisse der Ökobilanz die auf die teilweise fehlender Konsistenz der verwendeten Daten zueinander rückzuführen ist) die einen Vergleich zwischen dem Status quo und den prospektiven Szenarien erschweren (siehe auch Kapitel 6.2.4). Daher wird nicht das Status quo

Szenario als Referenzsystem genutzt, sondern die SQ-30 Szenarien, um den Einfluss der Artefakte auf die Ergebnisfindung möglichst gering zu halten.

Die Abbildung der LKW-Transporte im Rahmen der Distribution basieren nicht auf den Datensätzen aus REFINE, da diese keine lastabhängige Modellierung der LKW-Emissionen zulassen. Daher wird hier für das Jahr 2030 die Flottenzusammensetzung aus RESCUE mit den lastenabhängigen Emissionsfaktoren des Handbuchs der Emissionsfaktoren, die auch Grundlage des RESCUE Projektes waren, kombiniert. Für die Abbildung des Jahres 2045 bestand die Herausforderung, dass die Sattelzugflotte gem. dem GreenSupreme Szenario zu 100 % aus Oberleitungs-LKWs und Elektro-LKWs besteht und somit alle LKWs zu 100% auf Elektro umgestellt wurden. Damit ergeben sich keine direkten Emissionen aus der Verbrennung von Treibstoffen im Betrieb der Fahrzeuge, sichtbare Beiträge kommen somit nur aus dem Strom und aus der Herstellung der Infrastruktur (hier nur die Fahrzeuge, da es in GreenSupreme keinen Zubau an Verkehrswegen mehr gibt). Vor diesem Hintergrund wurde die Infrastruktur ebenfalls berücksichtigt.

Bei den verwendeten Hintergrunddaten für die prospektiven Szenarien handelt es sich um Hintergrunddaten 2. Ordnung.

### 5.2.5 Prozessdaten

Prozessdaten bilden die üblichen Prozessschritte im Rahmen der Produktion, des Handlings und der Sortierung und Verwertung von Packmitteln ab. Dabei handelt es sich nicht um Input Output Datensätze, die Ressourcen verbrauchen und Emissionen generieren, sondern um Verbrauchsdaten (im Sinne von Strom, Wärme, Prozessmittel sowie im Falle von Produktionsprozessen auch Materialbedarf und Ausschussraten).

Für die üblichen Prozessschritte liegt ein Datenbestand vor, der innerhalb der letzten 10 Jahre (in Ausnahmefällen auch bis zu 20 Jahren) erhoben wurde und einen guten Durchschnitt der in Deutschland installierten Prozesse abbildet. Die erhobenen Prozessdaten werden grundsätzlich anhand von Literaturdaten plausibilisiert, Lücken werden entsprechend geschlossen. Grundsätzlich haben die im Modell implementierten Prozessdaten eine sehr hohe „Passgenauigkeit“ für die bilanzierten Systeme.

Für die Abbildung der prospektiven Szenarien 2030 und 2045 wurde keine Erhebung oder Abfrage bei den Wirtschaftsbeteiligten durchgeführt. Die Status quo Prozessdaten wurden basierend auf den Annahmen des GreenSupreme Szenarios für die Nahrungsmittelindustrie angepasst:

- ▶ bis 2030 Reduktion des Energieträgereinsatzes um 30 % gegenüber dem Status quo und Umstellung aller Energieträger auf Strom
- ▶ Bis 2045 Reduktion des Energieträgereinsatzes um 70 % gegenüber dem Status quo

Bei den verwendeten Prozessdatensätzen für die prospektiven Szenarien handelt es sich um Hintergrunddaten der 1. Ordnung.

Eine Besonderheit in dieser Studie ist die Abbildung der Prozesse im Rahmen der Abfüllung und Gebindereinigung. Die im Vorhaben zur Anwendung kommenden Abfülldaten sind nicht direkt an bestehenden Anlagen erhoben, sondern generischer Natur. Basis der Datenableitung ist der im ifeu vorhandene, seit langen Jahren fortgeschriebene und gepflegte Datenbestand sowie Informationen von Anlagenproduzenten. Ziel bei der Gestaltung des Datensatzes war, alle getränkespezifischen Unterschiede zu nivellieren, so dass der Datensatz passend für alle

Gebinde unabhängig vom Füllgut ist. Dabei konnten Skaleneffekte und Rüstzeiten jedoch nicht vollständig eliminiert werden.

Der Datensatz umfasst Verbrauchswerte für die Prozessmedien Elektrizität, Wärme, Waschmittel und Wasser. Elektrizität und Wasser wird bei allen untersuchten Getränkeverpackungen genutzt, Wärme und Wasser nur für Gebinde, die vor Abfüllung gespült werden müssen. Der Wärmebedarf und der Bedarf an Waschmittel im Rahmen der Gebindereinigung ist abhängig von der Spültemperatur. Je geringer die Temperatur, desto mehr Waschmittel wird eingesetzt. Als Energieträger für die Wärme wird in den Status quo Szenarien immer Erdgas bilanziert.

### 5.2.6 Szenarien

Im Rahmen der hier vorliegenden Ökobilanz werden 28 verschiedene Getränkeverpackungen untersucht, die sich folgenden Systemen zuordnen lassen:

- ▶ Glas Mehrweg (Pool, Individual und Mix)
- ▶ PET Mehrweg (Pool, Individual und Mix)
- ▶ PET Einweg (mit und ohne Kasten)
- ▶ Getränkedosen aus Aluminium
- ▶ Getränkeverbundkartons

Die Studie führt jedoch keinen Vergleich verschiedener Getränkeverpackungssysteme durch, sondern fokussiert sich auf die Bewertung der antizipierten Optimierungspotenziale. Dabei sind zu unterscheiden:

- ▶ Interne Potenziale: Wohin entwickeln sich die verpackungsspezifischen Parameter? (Gewichte, Umlaufzahlen, Materialzusammensetzung, Entsorgungswege, Distribution, Prozessdaten)
- ▶ Externe Potenziale: Welche Optimierungen ergeben sich durch das Umfeld? (Änderung im Mix an Energieträgern, Umstellung im Feedstock)

Um diese Potenziale für die Zeithorizonte 2030 und 2045 adäquat abbilden zu können, werden für jedes der 28 Systeme fünf Basisszenarien bilanziert:

- ▶ Verpackungsspezifikationen Status quo und Hintergrunddaten Status quo
- ▶ Verpackungsspezifikationen Status quo und Hintergrunddaten 2030
- ▶ Verpackungsspezifikationen 2030 und Hintergrunddaten 2030
- ▶ Verpackungsspezifikationen 2030 und Hintergrunddaten 2045
- ▶ Verpackungsspezifikationen 2045 und Hintergrunddaten 2045

In Summe ergibt dies 140 Basisszenarien. Diese werden ergänzt um verschiedene Varianten. Dabei gilt, dass eine Variante das Basisszenario um die Abbildung einer möglichen Alternative ergänzt. Im Vordergrund steht der Erkenntnisgewinn. Folgende Varianten werden bilanziert:

- ▶ Alle Mehrwegsysteme, die nicht näher nach Pool- oder Individualsystem spezifiziert sind, werden um die folgenden Varianten ergänzt:

- Variation der Umlaufhäufigkeit in der Bandbreite +/- 20 %
  - Variation der Transportdistanz in der Bandbreite +/- 25 %
  - Kombination der Variationen zu einem min. und einem max. Szenario
- Getränkeverbundkartons werden unterschieden nach dem Einsatz von biobasierten Kunststoffen (100 % biobasiertes Material) und 100 % Sekundärkunststoffe (auf Basis von chem. Recycling), da beide Optionen in der Diskussion sind.

Varianten werden nur für die Status quo Szenarien umgesetzt. Besteht das Erkenntnisinteresse auch für ein prospektives Szenario, wird die Variante nur für die symmetrischen Szenarien umgesetzt. Als symmetrisches Szenario gelten Modellierungen, in denen die Bezugsjahre der Verpackungsspezifikationen und der Hintergrunddaten identisch sind.

Neben den Varianten werden auch Sensitivitäten bilanziert. Eine Sensitivität überprüft die Ergebnisrelevanz einer getroffenen Festlegung. Im Vordergrund steht die Diskussion der Ergebnisvalidität. Folgende Sensitivitäten werden bilanziert:

- Sensitivitäten zum Closed Loop Sekundäraluminiumgehalt bei den Getränkendosen.
- Sensitivität zur Distributionsstruktur der 1,0 l Glas WM Flasche gem. AP 2

Die Vielzahl der Szenarien macht eine handhabbare Benennung unabdingbar. Daher wird jedem Szenario ein eindeutiger Name zugewiesen. Der Szenariename besteht aus den folgenden Bestandteilen:

- Laufende Nummer 1 bis 28 für jedes Getränkeverpackungssystem
- Art des Szenarios (Basisszenario, Variante oder Sensitivität)
- Merkmal der Variante oder der Sensitivität
- Bezugsjahr der Parametrisierung (Gewichte, Umlaufzahl (ULZ), Distributionsdistanz, Prozessdaten und Entsorgungswege)
- Bezugsjahr der Hintergrunddaten
- Identifikationsmerkmale des Verpackungssystems (als Ergänzung zur laufenden Nummer)
  - Füllvolumen
  - Material
  - System

Die nachfolgende Tabelle listet die verschiedenen Optionen bei der Benennung der Szenarien auf.

**Tabelle 109: Identifikationsmerkmale für die Benennung der Szenarien**

LFD System	SZ Art	Sens/Varia Merkmal	Bezugsjahr Vorder- grund	Bezugsjahr Hinter- grund	Volumen	Ident Material	System
1 bis 28	B = Basis	Text	SQ = Status Quo	SQ = Status Quo	x,y(z) l	Glas	MW = Mehrweg

LFD System	SZ Art	Sens/Varia Merkmal	Bezugsjahr Vorder-grund	Bezugsjahr Hinter-grund	Volumen	Ident Material	System
	V = Variante		30 = 2030	30 = 2030		PET	MWI = MW Individual
	S = Sensitivität		45 = 2045	45 = 2045		Alu	MWP = MW Pool
						GVK	EW= Einweg
							EWK = EW mit Kasten

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

### 5.3 Ergebnisse der Wirkungsabschätzung

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Dabei wird jedem bilanzierten Getränkeverpackungssystem ein eigenes Unterkapitel gewidmet in welchem sowohl die Ergebnisse des Status quo als auch die Betrachtungszeiträume 2030 und 2045 Beachtung finden.

Die Ergebnisse der Basisszenarien werden dabei getrennt von den Ergebnissen der Varianten und Sensitivitäten (soweit vorhanden) dargestellt und beschrieben. Dabei unterscheidet sich die Ergebnisaufbereitung zwischen der Darstellung der Basisszenarien und der Varianten und Sensitivitäten.

Die zentrale Ergebnisdarstellung stellt jedoch für beide eine Tabelle mit relativen Nettoergebnissen aller Wirkungskategorien dar. Als Referenz für den relativen Vergleich gilt das jeweilige SQ-30 Szenario, welches hierfür auf 100 % skaliert wurde. Diese Festlegung ermöglicht es, den Einfluss des Wechsels in der Modellierungsgrundlage zwischen dem SQ und den prospektiven Betrachtungszeiträumen zu minimieren.

Ein zweiter wesentlicher Baustein der Ergebnisaufbereitung ist die sektorale Darstellung. Diese wird - ebenfalls im relativen Format - für die Basisszenarien anhand der Wirkungskategorie Klimawandel (GWP fossil) sowohl grafisch als auch tabellarisch durchgeführt.

Für ausgewählte Verpackungssysteme findet im darauffolgenden Unterabschnitt 5.4 „Ergänzende Auswertung“ eine zusätzliche Betrachtung weiterer Wirkungskategorie statt, welche in den prospektiven Betrachtungszeiträumen an Bedeutung gewinnen.

Abschließend wird ein Zwischenfazit für das jeweilige Verpackungssystem formuliert. Das Zwischenfazit fasst die wesentlichen Kernpunkte hinsichtlich der Optimierungspotenziale des untersuchten Verpackungssystems zusammen.

Dabei sollen folgende Fragen im Fokus stehen:

- Wie groß ist die aktuelle Varianz innerhalb der Status quo Systeme?
- Wie groß ist das Optimierungspotenzial bis 2030 (intern und extern)?
- Was ist größer? Die Varianz oder die antizipierten Optimierungen?
- Wie verändern sich die Ergebnisse bis 2045?
- Was sind derzeit die bestimmenden Parameter in der Bilanz der jeweiligen Systeme (Stellschraubenanalyse) und welche Parameter sind 2030/2045 relevant?

Die numerischen Nettoergebnisse aller ausgewählter Wirkungskategorien sind im Anhang zum Abschlussbericht dokumentiert. Für die Wirkungskategorie Klimawandel werden im Anhang zusätzlich die nach Lebenswegabschnitt unterteilten nummerischen Ergebnisse ausgewiesen. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen, jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen.

Die dargestellte Ergebnisaufbereitung wurde in Abstimmung zwischen Forschungsgeber, Forschungsnehmer und dem Vorsitzenden des Gutachterkreises erarbeitet.

### **5.3.1 Ergebnisse der 0,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment Bier (LFD 01)**

#### **5.3.1.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment Bier / LFD 01)**

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel (GWP fossil) wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert und ausgewertet.

**Tabelle 110: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 01)**

LFD 01: 0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment Bier

Prozessschritt	1B_SQ-SQ_0,5I-PETEW	1B_SQ-30_0,5I-PETEW	1B_30-30_0,5I-PETEW	1B_30-45_0,5I-PETEW	1B_45-45_0,5I-PETEW
Herstellung Primärverpackung	97,11%	68,76%	32,82%	1,47%	0,52%
Herstellung Verschluss, Etikett	15,41%	9,53%	10,13%	0,90%	0,82%
Herstellung Um- und Transportverpackung	5,38%	3,51%	3,14%	0,21%	0,19%
Abfüllung	6,46%	1,55%	1,03%	0,10%	0,04%
Distribution	1,86%	1,48%	1,37%	0,03%	0,02%
Recycling/Entsorgung	61,39%	50,84%	33,16%	0,22%	0,24%

Prozessschritt	1B_SQ-SQ_0,5I-PETEW	1B_SQ-30_0,5I-PETEW	1B_30-30_0,5I-PETEW	1B_30-45_0,5I-PETEW	1B_45-45_0,5I-PETEW
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-24,58%	-7,06%	-4,43%	-0,27%	-0,18%
Gutschrift für die Allokation von ersetzen Primärmaterial	-34,27%	-28,59%	-11,62%	-0,47%	-0,13%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>128,76%</b>	<b>100,00%</b>	<b>65,60%</b>	<b>2,19%</b>	<b>1,54%</b>

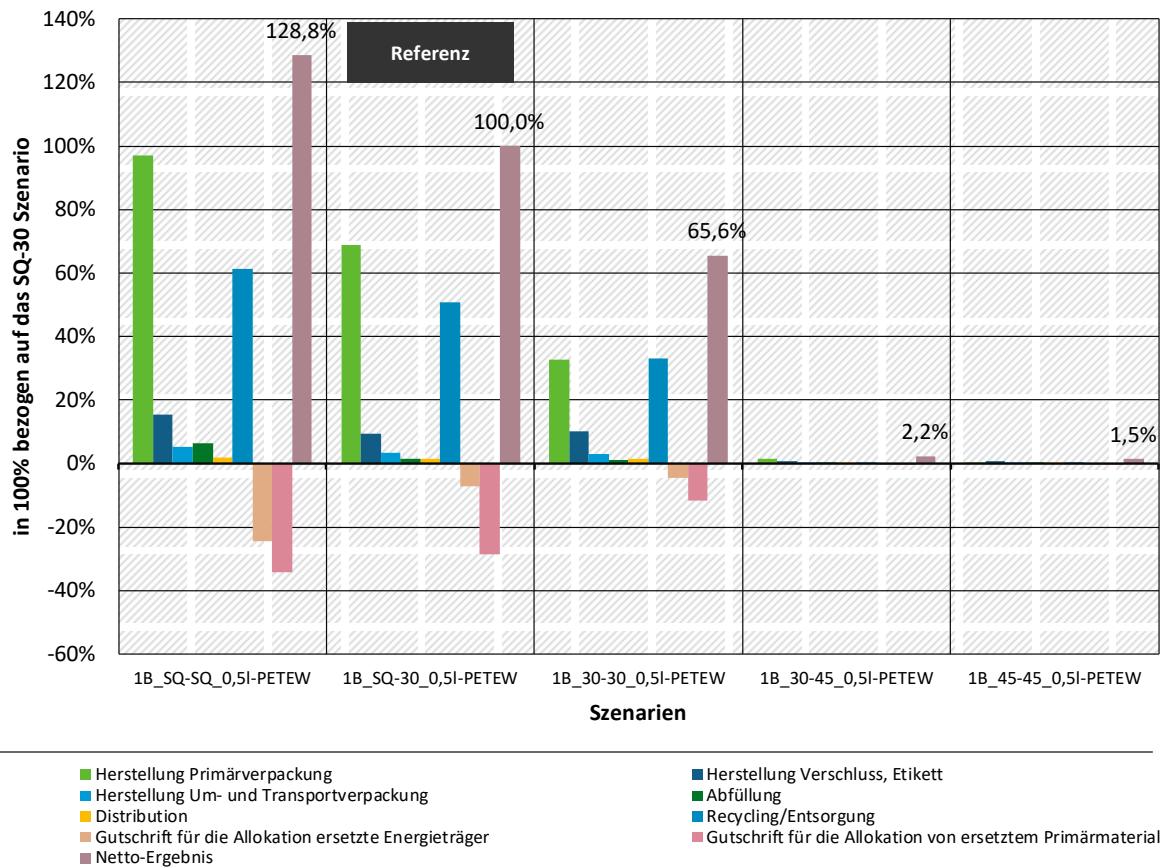
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 74: Sektorale Auswertung Klimawandel (LFD 01)**

LFD 01: 0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment Bier

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- ▶ Produktion des Kunststoffs (PET) – bestimmt durch das Verpackungsgewicht im Sinne der Masse an Primärverpackung pro funktioneller Einheit und den Anteil an Sekundärmaterial im Flaschenkörper (Closed Loop geführtes rPET ersetzt primäres PET).
- ▶ Verwertung der Packmittel – bestimmt durch die Masse an Packmitteln pro funktioneller Einheit sowie der Aufteilung zwischen werkstofflicher und energetischer Verwertung.

- ▶ Gutschrift für die Allokation von ersetzen Primärmaterial – bestimmt durch das Verpackungsgewicht und den Anteil an Sekundärmaterial im Flaschenkörper, da Closed Loop geführtes PET keine Gutschriften erhalten kann.

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte bleiben bis 2030 die Herstellung der Primärverpackung sowie deren Verwertung am Ende des Lebensweges und die damit verbundene Gutschrift für die Allokation des ersetzen Primärmaterials:

- ▶ Die Erhöhung des Sekundärmaterials im Flaschenkörper auf 60 % ab 2030 vermindert den Beitrag der Primärmaterialherstellung – bedingt gleichzeitig aber auch eine verminderte Gutschrift für die Allokation von ersetzen Primärmaterial, da Closed Loop geführtes PET keine Gutschriften erhalten kann.
- ▶ Die gesetzlich vorgeschriebene Umstellung auf „Tethered Caps“ führt im Falle der betrachteten PET EW Flasche im Getränkesegment Bier zu einem im geringen Maße erhöhten Verschlussgewicht sichtbar an dem Beitrag des Sektors „Herstellung Verschluss, Etikett“.
- ▶ Ab 2030 profitieren stromgetriebene Prozesse wie das Recycling vom Ende der Kohleverstromung.
- ▶ Die Beiträge der Abfüllung sind für das Verpackungssystem generell gering. Das Ende der Kohleverstromung sowie Energieeinsparungen führen dennoch zu geringeren THG-Emissionen bei der Abfüllung.

Ab 2045 minimieren sich die THG-Emissionen unter Berücksichtigung aller Optimierungen über den gesamten Lebensweg betrachtet um ca. 98 %:

- ▶ Der Einfluss der externen Optimierungen ist dabei maßgeblich für das große Einsparungspotenzial ab 2045.
- ▶ Interne Optimierungen auf den für das Jahr 2045 erwartbaren Stand, wie die weitere Erhöhung des Sekundärmaterials im Flaschenkörper, der Einsatz von recyceltem Material im Verschluss sowie Gewichtsreduzierungen reduzieren vor allem den Beitrag der Herstellung der Primärverpackungskomponenten.
- ▶ Der ergebnisbestimmende Lebenswegabschnitt für den Betrachtungszeitraum 2045 bleibt die Herstellung der Primärverpackungskomponenten.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 111: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 01)**

LFD 01: 0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment Bier

Wirkungskategorie	1B_SQ-SQ_0,5l-PETEW	1B_SQ-30_0,5l-PETEW	1B_30-30_0,5l-PETEW	1B_30-45_0,5l-PETEW	1B_45-45_0,5l-PETEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	113%	100%	70%	55%	34%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	137%	100%	68%	0%	0%
Naturfernepotenzial NFP	9%	100%	87%	125%	98%
Wasserverbrauch	162%	100%	81%	82%	61%
Klimawandel total	129%	100%	65%	-1%	-1%
Klimawandel fossil	129%	100%	66%	2%	2%
Versauerung	121%	100%	69%	38%	24%
Sommersmog	133%	100%	68%	27%	17%
Stratosphärischer Ozonabbau	105%	100%	56%	52%	24%
aquatische Eutrophierung	317%	100%	76%	78%	60%
terrestrische Eutrophierung	131%	100%	70%	31%	20%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	6%	100%	64%	52%	27%
Feinstaub PM2,5	125%	100%	69%	33%	20%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

Die Gesamtschau der Ergebnisse zeigt:

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg betrachtet bis 2030 eine Minderung um 34 % und bis 2045 eine Reduktion der THG-Emissionen um 98 %.
- ▶ Für die Wirkungskategorien, die maßgeblich durch luftgetragene Schadstoffe beeinflusst werden, ergeben sich bis zum Jahr 2030 bezogen auf das Referenz SQ-30 mögliche Minderungen von 24 % bis 30 % und bis 2045 mögliche Minderungen von 40 % bis zu 83 %.
- ▶ Bei den ressourcenbezogenen Wirkungskategorien ist zu differenzieren:
  - KEA fossil und KRA zeigen aufgrund der Defossilisierung Minderungen (KEA fossil Minderung bis 2045 um 100 %).
  - Das Naturfernepotenzial steigt bis 2045 an, um dann durch die Optimierungen im System wieder auf den Stand von 2030 zu fallen.
  - Der Wasserverbrauch reduziert sich bis 2045 um ca. 30 %

Für die meisten Wirkungskategorien zeichnet sich somit über die Betrachtungszeiträume hinweg ein kontinuierlich abnehmender Trend ab. Für einige wenige Wirkungskategorien trifft dies jedoch nicht zu:

- ▶ Aquatische Eutrophierung: Der Einsatz von Recyclingfasern in der Um- und Transportverpackung führt zu deutlich mehr direkten Abwasseremissionen, welche sich im Ergebnis der aquatischen Eutrophierung niederschlagen.
- ▶ Naturfernepotenzial: Der Ausbau der Windkraft zur Erzeugung von Strom wirkt sich auf den Flächenbedarf bzw. die Umwandlung von Flächen aus; dies macht sich sichtbar in der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP.

### 5.3.1.2 Zwischenfazit (LFD 01)

Für die 0,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment Bier (LFD 01) lassen sich folgende Kernaussagen zusammenfassen:

- ▶ Das ökobilanzielle Profil des Verpackungssystems wird über alle Betrachtungszeiträume überwiegend durch das Verpackungsgewicht und den Anteil des Sekundärmaterials im Flaschenkörper bestimmt. Die Erhöhung des Sekundärmaterialanteils in der Flasche sowie die Gewichtsreduzierung im Primärkörper sind die größten internen Stellschrauben. Auch Gewichtsreduktion und Erhöhung des Sekundärmaterialanteils in Verschluss und Etikett tragen zur Reduktion der Umweltwirkungen bei, wenn auch in geringerem Umfang.
- ▶ Die Veränderung der Systemparameter vom Status quo auf den für das Jahr 2030 angenommenen Zustand birgt über alle Wirkungskategorien gemittelt ein Minderungspotenzial von ca. 30 %. Die Fortschreibung der Basisdaten auf das Jahr 2045 ergibt für viele Wirkungskategorien mindestens ebenso große Minderungspotenziale.
  - Klimawandel und KEA fossil zeigen in 2045 nahezu keine Beiträge mehr
  - Naturfernepotenzial, Wasserverbrauch und Gewässereutrophierung zeigen keine oder nur geringe Minderungspotenziale.
  - Die Umweltwirkungskategorien, die durch luftgetragene Schadstoffe hervorgerufen werden, zeigen deutliche Veränderungen, jedoch weniger stark als Klimawandel und KEA fossil.

### 5.3.2 Ergebnisse der 0,5 l Getränkendose aus Aluminium im Getränkesegment Bier (LFD 02)

Hier werden die Ergebnisse der 0,5 l Aluminium Getränkendose für das Getränkesegment Bier dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert und ausgewertet.

**Tabelle 112: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

Prozessschritt	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2B_SQ-30_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_30-45_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
Herstellung Primärverpackung	103,26%	52,96%	35,47%	2,28%	2,09%
Herstellung Primärverpackung	103,26%	52,96%	35,47%	2,28%	2,09%
Herstellung Verschluss, Etikett	47,19%	33,73%	24,89%	1,66%	1,23%
Herstellung Um- und Transportverpackung	31,40%	22,04%	20,92%	3,95%	3,74%
Abfüllung	3,99%	1,23%	0,66%	0,05%	0,02%
Distribution	1,51%	1,17%	1,08%	0,02%	0,02%
Recycling/Entsorgung	21,01%	16,91%	16,58%	0,37%	0,36%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-5,86%	-1,77%	-1,57%	-0,06%	-0,05%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-35,85%	-26,28%	-13,08%	-0,90%	-0,59%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>166,65%</b>	<b>100,00%</b>	<b>84,96%</b>	<b>7,37%</b>	<b>6,82%</b>

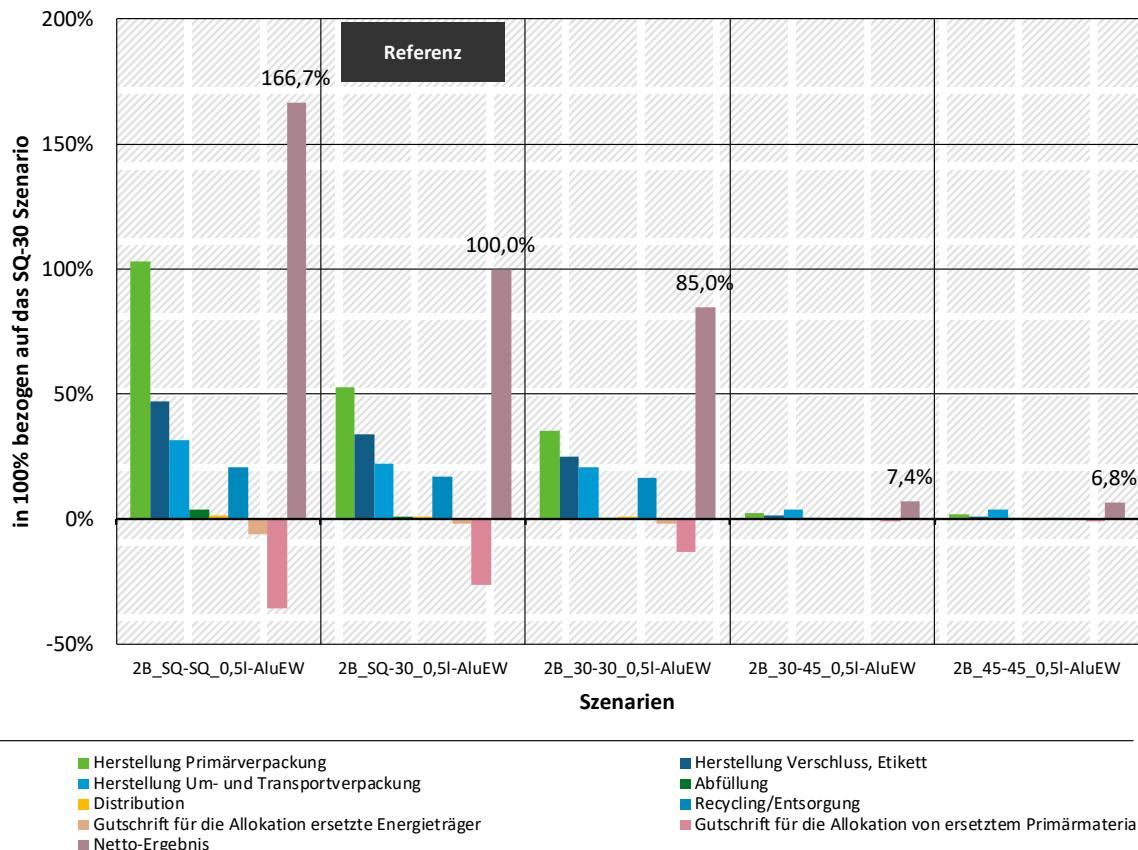
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 75: Sektorale Auswertung (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- ▶ Produktion des primären Aluminiums – bestimmt durch das Verpackungsgewicht im Sinne der Masse an Primärverpackung pro funktioneller Einheit und den Anteil an Sekundärmaterial im Dosenkörper (Closed Loop geführtes Alu ersetzt primäres Alu) sowie die Verarbeitung zur Dose – bedingt durch den Energieverbrauch.
- ▶ Herstellung der Verschlüsse (Dosendeckel) – bestimmt durch das Gewicht der Verpackungskomponente im Sinne der Masse pro funktioneller Einheit.
- ▶ Herstellung der Um- und Transportverpackung – bestimmt durch den Materialeinsatz pro funktioneller Einheit.
- ▶ Gutschrift für die Allokation von ersetzt Primärmaterial – bestimmt durch das Verpackungsgewicht und den Anteil an Sekundärmaterial im Dosenkörper, da Closed Loop geführtes Alu keine Gutschriften erhalten kann.

Bis 2030 bleiben die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte weiterhin die Herstellung und Verarbeitung der Primärverpackungskomponenten sowie die Herstellung der Um- und Transportverpackung:

- ▶ Die großen Einsparungen in den Lebenswegabschnitten „Herstellung Primärverpackung“ und „Herstellung Verschluss, Etikett“ finden im Verarbeitungsprozess zur Dose statt und sind vor allem auf das Ende der Kohleverstromung bis 2030 zurückzuführen.
- ▶ Zusätzlich verringert die Erhöhung des Sekundärmaterials im Dosenbody und Dosendeckel den Beitrag der Primärmaterialherstellung ab 2030. Gleichzeitig gewinnt die Verwertung am Ende des Lebensweges an Bedeutung.
- ▶ Die Anpassung der Verpackungsspezifikationen auf den für das Jahr 2030 angenommenen Stand vermindert die THG-Emissionen des Verpackungssystems um ca. 15 %, während die externen Optimierungen bis 2030 die Ergebnisse um ca. 67 % vermindern können.
- ▶ Die Beiträge der Abfüllung sind für das Verpackungssystem generell gering. Das Ende der Kohleverstromung sowie Energieeinsparungen führen dennoch zu geringeren THG-Emissionen bei der Abfüllung.

Ab 2045 minimieren sich die THG-Emissionen unter Berücksichtigung aller Optimierungen über den gesamten Lebensweg auf ein niedriges Niveau:

- ▶ Der Einfluss der externen Optimierungen ist dabei maßgeblich für das große Einsparungspotenzial ab 2045.
- ▶ Interne Optimierungen auf den für das Jahr 2045 erwartbaren Stand, wie die weitere Erhöhung des Sekundärmaterials im Dosenbody und Dosendeckel führen zu weiteren Einsparungen bei der Primärmaterialherstellung. Generell haben die weiteren Optimierungen der Verpackungsspezifikationen ab 2045 allerdings einen geringfügigen Einfluss auf das Ergebnis.
- ▶ Bis zum Jahre 2045 können bei Umsetzung aller Optimierungen (interne und externe) 93 % der THG-Emissionen der 0,5 l Aluminium Getränkedose im Getränkesegment Bier (LFD 02) vermieden werden.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für den Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 113: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkedose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

Wirkungskategorie	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2B_SQ-30_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_30-45_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	173%	100%	86%	76%	71%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	165%	100%	86%	1%	1%
Naturfernpotenzial NFP	76%	100%	89%	136%	128%

Wirkungskategorie	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2B_SQ-30_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_30-45_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
Wasserverbrauch	290%	100%	91%	127%	120%
Klimawandel total	170%	100%	84%	3%	3%
Klimawandel fossil	167%	100%	85%	7%	7%
Versauerung	128%	100%	79%	54%	50%
Sommersmog	137%	100%	87%	61%	57%
Stratosphärischer Ozonabbau	90%	100%	88%	74%	70%
aquatische Eutrophierung	92%	100%	92%	239%	227%
terrestrische Eutrophierung	135%	100%	85%	69%	64%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	9%	100%	65%	62%	51%
Feinstaub PM2,5	135%	100%	81%	51%	47%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg betrachtet bis 2030 eine Minderung um 15 % und bis 2045 eine Reduktion der THG-Emissionen um 93 %.
- ▶ Für die restlichen emissionsbezogenen Wirkungskategorien ergeben sich bis zum Jahr 2030 bezogen auf das Referenz SQ-30 mögliche Minderungen zwischen 12 % und 35 % und bis 2045 mögliche Minderungen von 30 % bis zu 53 %. Ausgenommen ist hierbei die Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung, welche nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.
- ▶ Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die bis 2030 zu erzielenden Minderungen um die 14 %. Bis 2045 können sich in den Ergebnissen Minderungen zwischen 29 % und 99 % gegenüber dem Referenzszenario ergeben. Ausgenommen sind hierbei die Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP und Wasserverbrauch, welche nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgen. Die prospektiv steigenden Beiträge in der Wirkungskategorie Wasserverbrauch sind auf eine Erhöhung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen in der Um- und Transportverpackung - welcher mit einem erhöhten Wasserverbrauch einhergeht - zurückzuführen (siehe auch Kapitel 5.3.29.1))

In Kapitel 5 wird anhand dieses Verpackungssystems exemplarisch dem gegenläufigen Trend der Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP und aquatische Eutrophierung durch eine sektorale Auswertung nachgegangen und diese weiter beleuchtet.

### 5.3.2.2 Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 02)

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wird der Closed Loop geführte Sekundärmaterialgehalt des Dosenbodys von 79,3 % (Basis) auf 50 % reduziert.

Erwartungsgemäß steigen die Umweltauswirkungen, wenn der Anteil an Sekundärrohstoffen in der Dose reduziert wird. Die Unterschiede in den Ergebnissen verteilen sich unterschiedlich auf die betrachteten Wirkungskategorien: Das Naturfernepotenzial und die Gewässereutrophierung reagieren kaum auf die Reduktion des Sekundärmaterialgehalts, bei den übrigen Wirkungskategorien liegen die Reduktionen zwischen 15 % und 25 %. Die größte Reduktion ist in der Wirkungskategorie Krebsrisikopotenzial (CRP) zu verzeichnen, die maßgeblich durch luftgetragene Schwermetalle beeinflusst wird.

**Tabelle 114: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 02) – Sensitivität**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

Wirkungskategorie	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2S_CL50%-SQ-SQ_0,5l-AluEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	100%	125%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	100%	113%
Naturfernepotenzial NFP	100%	101%
Wasserverbrauch	100%	135%
Klimawandel total	100%	117%
Klimawandel fossil	100%	117%
Versauerung	100%	128%
Sommersmog	100%	119%
Stratosphärischer Ozonabbau	100%	106%
aquatische Eutrophierung	100%	103%
terrestrische Eutrophierung	100%	119%

Wirkungskategorie	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2S_CL50%_SQ-SQ_0,5l-AluEW
Krebsrisikopotenzial (CRP)	100%	155%
Feinstaub PM2,5	100%	126%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

### 5.3.2.3 Zwischenfazit (LFD 02)

Für die 0,5 l Aluminium Getränkedose im Getränkesegment Bier (LFD 02) lassen sich folgende Kernpunkte hinsichtlich der Optimierungspotenziale zusammenfassen:

- ▶ Die Ergebnisse des Status quo und der Betrachtungszeiträume 2030 und 2045 werden überwiegend durch die Beträge der Primär- als auch der Um- und Transportverpackungskomponenten bestimmt. Entsprechend liegen die wesentlichen Stellschrauben bei der Materialreduktion sowie dem Einsatz von Sekundärmaterial in diesen Komponenten. Da der Materialeinsatz im Primärkörper bereits im Status-Quo weitestgehend optimiert ist, liegt hier das Potenzial eher im höheren Einsatz von Sekundärmaterial. Bei der Um- und Transportverpackung können insbesondere weitere Materialreduktionen die Umweltwirkung reduzieren.
- ▶ Die ab 2030 bzw. 2045 veränderten Rahmenbedingungen weisen ein deutlich größeres Optimierungspotenzial auf als die Anpassung der Verpackungsspezifikationen (bspw. die Erhöhung des Anteils an Sekundärmaterial im Dosenbody und Dosendeckel) bezogen auf den jeweiligen prospektiven Betrachtungszeitraum.
- ▶ Die Modellierung des Sekundärrohstoffgehalts in der Aluminium-Getränkedose ist eine ergebnisrelevante Entscheidung. Sie sollte daher gut begründet werden.

### 5.3.3 Ergebnisse der 0,5 l Glas MW Flasche im Getränkesegment Bier (LFD 03)

#### 5.3.3.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 03)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert und ausgewertet.

**Tabelle 115: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 03)**

LFD 03: 0,5 l Glas MW Flasche, Getränkesegment Bier

Prozessschritt	3B_SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3B_SQ-30_0,5l-GlasMW	3B_30-30_0,5l-GlasMW	3B_30-45_0,5l-GlasMW	3B_45-45_0,5l-GlasMW
Herstellung Primärverpackung	25,63%	16,14%	11,76%	0,28%	0,24%
Herstellung Verschluss, Etikett	20,62%	10,36%	9,13%	1,37%	1,33%

<b>Prozessschritt</b>	<b>3B_SQ-SQ_0,5l-GlasMW</b>	<b>3B_SQ-30_0,5l-GlasMW</b>	<b>3B_30-30_0,5l-GlasMW</b>	<b>3B_30-45_0,5l-GlasMW</b>	<b>3B_45-45_0,5l-GlasMW</b>
Herstellung Um- und Transportverpackung	2,45%	0,92%	0,85%	0,32%	0,28%
Abfüllung	51,16%	39,41%	12,11%	1,15%	0,66%
Distribution	39,12%	29,21%	24,62%	0,45%	0,41%
Recycling/Entsorgung	8,36%	7,02%	5,89%	2,03%	1,97%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-3,94%	-1,15%	-1,10%	-0,06%	-0,06%
Gutschrift für die Allokation von ersetzt Primärmaterial	-4,88%	-1,92%	-1,52%	-0,06%	-0,05%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>138,51%</b>	<b>100,00%</b>	<b>61,73%</b>	<b>5,48%</b>	<b>4,78%</b>

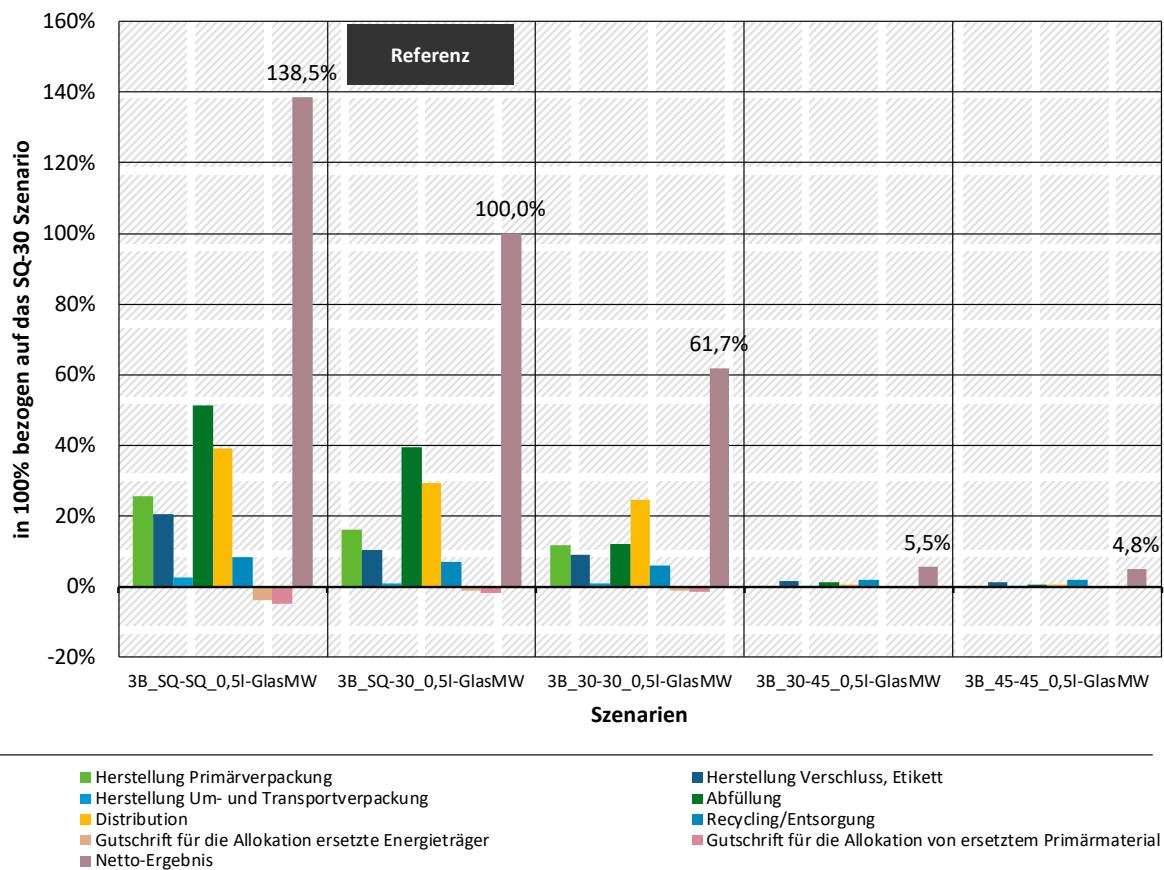
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 76: Sektorale Auswertung Klimawandel (LFD 03)**

LFD 03: 0,5 l Glas MW Flasche, Getränkesegment Bier

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- ▶ Abfüllung – bestimmt durch die Energieaufwendungen (elektrisch und thermisch).
- ▶ Distribution – bestimmt durch die Packmittelgewichte und die Distributionsentfernung.
- ▶ Herstellung der Packmittel – bestimmt durch die Gewichte der Einwegkomponenten und die Umlaufzahl der Mehrwegpackmittel.

Im Jahr 2030 bleiben die Distribution sowie die Herstellung der Packmittel als ergebnisbestimmende Lebenswegabschnitte bestehen:

- ▶ Für diese beiden Lebenswegabschnitte liegen die größten Einsparungen zwischen den Szenarien SQ-SQ und SQ-30. Daraus lässt sich ableiten, dass die externen Rahmenbedingungen für diese Lebenswegabschnitte ein größeres Optimierungspotenzial aufweisen als die Anpassung der Verpackungsspezifikationen an das für 2030 erwartete Niveau.
- ▶ Dennoch wird der Beitrag der Packmittelherstellung durch Gewichtsreduktion und Erhöhung des Rezyklatanteils im Flaschenkörper und im Verschluss im Jahr 2030 weiter

reduziert. Zusätzlich reduziert eine Erhöhung der Umlaufzahl von 31 auf 40 die Belastung der Behälterglasherstellung.

- Die Abfüllung hingegen weist nur im symmetrischen 30-30 Szenario das größte Optimierungspotenzial auf. Dies liegt daran, dass der ökobilanzielle Beitrag des Abfüllprozesses der Glas Mehrwegflasche vor allem durch den thermischen Energieeinsatz bestimmt wird. Erst die Substitution der fossilen Energieträger durch Strom aus regenerativen Quellen im symmetrischen 30-30 Szenario führt zu signifikanten Einsparungen im Abfüllprozess.

Ab 2045 reduzieren sich die THG-Emissionen insgesamt auf ein niedriges Niveau:

- Der Einfluss der externen Optimierungen ist ausschlaggebend für das große Einsparpotenzial ab 2045. Durch die Nutzung von Strom aus regenerativen Quellen profitiert insbesondere wieder die Abfüllung.
- Weitere Optimierungen der Verpackungsspezifikationen auf das für 2045 erwartete Niveau führen im Vergleich dazu zu geringeren Einsparungen.
- Die Distribution verliert aufgrund deren Defossilisierung bis 2045 an Bedeutung.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 116: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 03)**

LFD 03: 0,5 l Glas MW Flasche, Getränkesegment Bier

Wirkungskategorie	3B_SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3B_SQ-30_0,5l-GlasMW	3B_30-30_0,5l-GlasMW	3B_30-45_0,5l-GlasMW	3B_45-45_0,5l-GlasMW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	120%	100%	75%	68%	59%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	125%	100%	61%	3%	3%
Naturfernpotenzial NFP	7%	100%	96%	117%	111%
Wasserverbrauch	112%	100%	76%	75%	74%
Klimawandel total	141%	100%	59%	-1%	-2%

Wirkungskategorie	3B_SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3B_SQ-30_0,5l-GlasMW	3B_30-30_0,5l-GlasMW	3B_30-45_0,5l-GlasMW	3B_45-45_0,5l-GlasMW
Klimawandel fossil	139%	100%	62%	5%	5%
Versauerung	131%	100%	77%	42%	36%
Sommersmog	148%	100%	66%	37%	32%
Stratosphärischer Ozonabbau	117%	100%	91%	46%	35%
aquatische Eutrophierung	79%	100%	88%	85%	81%
terrestrische Eutrophierung	136%	100%	70%	43%	37%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	48%	100%	118%	97%	80%
Feinstaub PM2,5	131%	100%	73%	42%	36%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg eine Reduktion der THG-Emissionen um 38 % bis 2030 und um 95 % bis 2045.
- ▶ Für die übrigen luftschadstoffgetriebenen Wirkungskategorien ergeben sich bis 2030 Minderungspotenziale zwischen 9 % und 34 % und bis 2045 Minderungspotenziale zwischen 19 % und 68 % bezogen auf die Referenz SQ-30. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie Krebsrisikopotenzial (CRP), die nicht dem überwiegend beobachteten abnehmenden Trend der Ergebnisentwicklung folgt.
- ▶ Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die bis 2030 zu erzielenden Reduktionen zwischen 24 % und 39 %. Bis 2045 können Minderungen zwischen 41 % und 97 % gegenüber dem Referenzszenario erreicht werden. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP, die nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.

### 5.3.3.2 Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 03)

Hier werden die Ergebnisse der Varianten bezüglich der Umlaufzahl und der Transportdistanzen der 0,5 l Glas Mehrwegflasche im Getränkesegment Bier dokumentiert.

**Tabelle 117: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 03) – inklusive Varianten**

LFD 03: 0,5 l Glas MW Flasche, Getränkesegment Bier

Wirkungs-kategorie	3B_SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3V_ULZ+20%-SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3V_ULZ-20%-SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3V_T+25%-SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3V_T-25%-SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3V_min_SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3V_max_SQ-SQ_0,5l-GlasMW
Prio-risierter KRA (fossil, minera-lisch-metallisch, biotisch)	100%	96%	106%	104%	96%	92%	110%
nicht erneuerba rer kumulierte r Energiever brauch	100%	97%	104%	107%	93%	91%	110%
Naturferne potenzial NFP	100%	99%	101%	100%	100%	99%	101%
Wasserver brauch	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Klimawand el total	100%	97%	105%	107%	93%	89%	112%
Klimawand el fossil	100%	97%	105%	107%	93%	90%	112%
Versaueru ng	100%	95%	108%	106%	94%	88%	115%
Sommers mog	100%	95%	107%	107%	93%	88%	114%
Stratosphä rischer Ozonabba u	100%	96%	105%	109%	91%	87%	115%
aquatische Eutrophier ung	100%	99%	102%	100%	100%	99%	102%
terrestrisc he	100%	96%	107%	107%	93%	88%	114%

Wirkungskategorie	3B_SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3V_ULZ+20%-SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3V_ULZ-20%-SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3V_T+25%-SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3V_T-25%-SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3V_min_SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3V_max_SQ-SQ_0,5l-GlasMW
Eutrophierung							
Krebsrisikopotenzial (CRP)	100%	99%	101%	103%	97%	96%	104%
Feinstaub PM2,5	100%	95%	108%	106%	94%	88%	114%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

Die Betrachtung der Varianten zeigt, dass sowohl eine Erhöhung der Umlaufzahlen als auch eine Verkürzung der Transportentfernung zu geringeren Nettoergebnissen führen. Es fällt auf, dass die Variation eines der beiden Parameter (Umlaufzahl oder Transport) die Ergebnisse im Vergleich zum Basisszenario nicht signifikant verändert. Vergleicht man jedoch das Szenario mit der Kombination der günstigsten Annahmen (3V\_min\_SQ-SQ\_0,5l-GlasMW) mit dem Szenario mit der Kombination der ungünstigsten Annahmen (3V\_max\_SQ-SQ\_0,5l-GlasMW), so ergeben sich deutliche Ergebnisunterschiede (ca. 20% im Mittel über alle Wirkungskategorien).

### 5.3.3.3 Zwischenfazit (LFD 03)

Für die 0,5 l Glas Mehrwegflasche im Getränkesegment Bier (LFD 03) lassen sich folgende Aussagen hinsichtlich der Optimierungspotenziale zusammenfassen:

- ▶ Das Ökobilanzprofil des Verpackungssystems wird wesentlich durch die Beiträge der Distribution und der Abfüllung bestimmt. Die Umstellung der Energieträger auf Strom ist daher eine wichtige Stellschraube für die Entwicklung des Ökobilanzprofils der Glas Mehrwegflasche. Auch die Distanzen der Distribution und Redistribution sowie der zum Einsatz kommende Verkehrsträger in der Distribution sind wichtige Stellschrauben. Entsprechend wirkt sich eine Reduktion der Distanzen und die Umstellung auf E-LKW positiv auf das Ökobilanzprofil des Verpackungssystems aus. Weitere aber weniger stark wirkende Stellschrauben liegen in der weiteren Materialreduktion von Verschluss und Etikett sowie dem erhöhten Einsatz von Sekundärmaterial sowohl in Verschluss und Etikett als auch im Primärkörper des Verpackungssystems.
- ▶ Über alle Wirkungskategorien hinweg weisen interne Anpassungen des Verpackungssystems bis 2030 tendenziell ein größeres Optimierungspotenzial auf als die Veränderung der externen Rahmenbedingungen bis 2030.
- ▶ Hingegen weisen die Veränderungen der externen Rahmenbedingungen bis 2045 ein deutlich höheres Optimierungspotenzial auf als die internen Anpassungen des Verpackungssystems an den für 2045 angenommenen Zustand.
- ▶ Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich für die Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP, Gewässereutrophierung und Krebsrisikopotenzial (CRP) ist dies nicht der Fall.

- Die Variation der für das Ökobilanzprofil der Glas Mehrwegflasche maßgeblichen Parameter (Umlaufzahl, Transportentfernungen) zeigt, dass das größte Optimierungspotenzial weniger in der Varianz der Verpackungsspezifikationen als vielmehr in der Veränderung der Rahmenbedingungen liegt.

### 5.3.4 Ergebnisse der 0,33 l Glas MW Flasche im Getränkesegment Bier (LFD 04)

#### 5.3.4.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 04)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert und ausgewertet.

**Tabelle 118: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 04)**

LFD 04: 0,33 l Glas MW Flasche, Getränkesegment Bier

Prozessschritt	4B_SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4B_SQ-30_0,33l-GlasMW	4B_30-30_0,33l-GlasMW	4B_30-45_0,33l-GlasMW	4B_45-45_0,33l-GlasMW
Herstellung Primärverpackung	28,32%	17,84%	12,86%	0,31%	0,25%
Herstellung Verschluss, Etikett	18,74%	9,64%	8,35%	1,05%	1,01%
Herstellung Um- und Transportverpackung	2,20%	0,83%	0,77%	0,29%	0,24%
Abfüllung	53,47%	41,19%	12,65%	1,20%	0,69%
Distribution	32,84%	26,25%	22,52%	0,42%	0,39%
Recycling/Entsorgung	8,57%	7,24%	6,03%	2,12%	2,05%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-3,32%	-0,96%	-0,91%	-0,05%	-0,05%
Gutschrift für die Allokation von ersetzttem Primärmaterial	-5,20%	-2,02%	-1,59%	-0,06%	-0,05%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>135,61%</b>	<b>100,00%</b>	<b>60,68%</b>	<b>5,27%</b>	<b>4,53%</b>

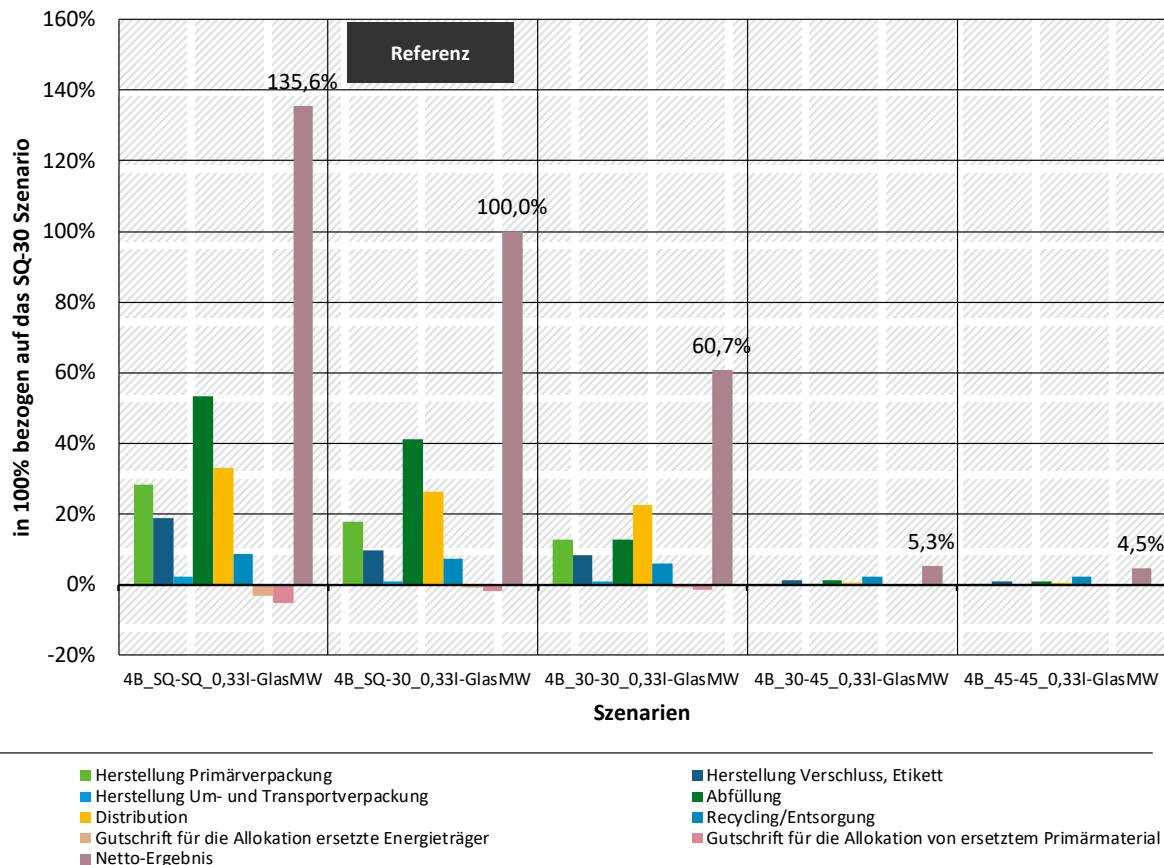
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 77: Sektorale Auswertung (LFD 04)**

LFD 04: 0,33 l Glas MW Flasche, Getränkesegment Bier

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- ▶ Abfüllung – bestimmt durch die Energieaufwendungen (elektrisch und thermisch).
- ▶ Distribution – bestimmt durch die Packmittelgewichte und die Distributionsentfernungen.
- ▶ Herstellung der Packmittel – bestimmt durch die Gewichte der Einwegkomponenten und die Umlaufzahl der Mehrwegpackmittel.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 119: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 04)**

LFD 04: 0,33 l Glas MW Flasche, Getränkesegment Bier

Wirkungskategorie	4B_SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4B_SQ-30_0,33l-GlasMW	4B_30-30_0,33l-GlasMW	4B_30-45_0,33l-GlasMW	4B_45-45_0,33l-GlasMW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	120%	100%	74%	64%	53%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	121%	100%	60%	3%	3%
Naturfernpotenzial NFP	7%	100%	94%	118%	109%
Wasserverbrauch	115%	100%	75%	74%	72%
Klimawandel total	138%	100%	59%	0%	-1%
Klimawandel fossil	136%	100%	61%	5%	5%
Versauerung	128%	100%	76%	41%	34%
Sommersmog	143%	100%	65%	35%	30%
Stratosphärischer Ozonabbau	119%	100%	92%	46%	33%
aquatische Eutrophierung	81%	100%	86%	82%	77%
terrestrische Eutrophierung	132%	100%	68%	41%	34%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	48%	100%	119%	94%	75%
Feinstaub PM2,5	128%	100%	72%	40%	34%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg betrachtet bis 2030 eine Minderung um 39 % und bis 2045 eine Reduktion der THG-Emissionen um 95 %.
- Für die übrigen luftschadstoffgetriebenen Wirkungskategorien liegen die Minderungspotenziale bis 2030 zwischen 8 % und 35 % und bis 2045 zwischen 23 % und 70 % gegenüber dem Basisjahr SQ-30. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie Krebsrisikopotenzial (CRP), die nicht dem überwiegend beobachteten abnehmenden Trend der Ergebnisentwicklung folgt.

- Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die bis 2030 zu erzielenden Reduktionen zwischen 25 % und 40 %. Bis 2045 können Minderungen zwischen 47 % und 97 % gegenüber dem Referenzszenario erreicht werden. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP, die nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.

#### 5.3.4.2 Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 04)

Hier werden die Ergebnisse der Varianten bezüglich der Umlaufzahl und der Transportdistanzen der 0,33 l Glas Mehrwegflasche im Getränkesegment Bier dokumentiert.

**Tabelle 120: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 04) – inklusive Varianten**

LFD 04: 0,33 l Glas MW Flasche, Getränkesegment Bier

Wirkungs-kategorie	4B_SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4V_ULZ+20%-SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4V_ULZ-20%-SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4V_T+25%-SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4V_T-25%-SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4V_min_SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4V_max_SQ-SQ_0,33l-GlasMW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	100%	95%	107%	103%	97%	92%	110%
nicht erneuerbarer kumulierter Energie-verbrauch	100%	97%	104%	106%	94%	91%	110%
Naturferne-potenzial NFP	100%	99%	102%	100%	100%	99%	102%
Wasser-verbrauch	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Klimawandel total	100%	96%	105%	106%	94%	90%	112%
Klimawandel fossil	100%	97%	105%	106%	94%	91%	111%
Versauerung	100%	94%	109%	105%	95%	89%	115%
Sommersmog	100%	95%	108%	106%	94%	89%	114%
Stratosphärischer Ozonabbau	100%	96%	106%	108%	92%	88%	114%
aquatische Eutrophierung	100%	99%	102%	100%	100%	99%	102%

Wirkungs-kategorie	4B_SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4V_ULZ+20%_SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4V_ULZ-20%_SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4V_T+25%_SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4V_T-25%_SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4V_min_SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4V_max_SQ-SQ_0,33l-GlasMW
terrestrische Eutrophierung	100%	95%	108%	106%	94%	89%	114%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	100%	99%	101%	103%	97%	97%	104%
Feinstaub PM2,5	100%	94%	109%	105%	95%	89%	114%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

Die Betrachtung der Varianten zeigt, dass sowohl eine Erhöhung der Umlaufzahlen als auch eine Verkürzung der Transportentfernung zu geringeren Nettoergebnissen führen. Es fällt auf, dass die Variation eines der beiden Parameter (Umlaufzahl oder Transport) die Ergebnisse im Vergleich zum Basisszenario nicht signifikant verändert. Vergleicht man jedoch die Kombination der günstigsten Annahmen mit der Kombination der ungünstigsten Annahmen, so ergeben sich deutliche Ergebnisunterschiede (ca. 20% im Durchschnitt über alle Wirkungskategorien).

#### 5.3.4.3 Zwischenfazit (LFD 04)

Für die 0,33 l Glas Mehrwegflasche im Getränkesegment Bier (LFD 04) lassen sich folgende Aussagen hinsichtlich der Optimierungspotenziale zusammenfassen:

- ▶ Das Ökobilanzprofil des Verpackungssystems wird wesentlich durch die Beiträge der Distribution und der Abfüllung bestimmt. Die Umstellung der Energieträger auf Strom aus erneuerbaren Quellen ist daher eine wichtige Stellschraube für die Entwicklung des Ökobilanzprofils der Glas Mehrwegflasche. Auch die Distanzen der Distribution und Redistribution sowie der zum Einsatz kommende Verkehrsträger in der Distribution sind wichtige Stellschrauben. Entsprechend wirkt sich eine Reduktion der Distanzen und die Umstellung auf E-LKW positiv auf das Ökobilanzprofil des Verpackungssystems aus. Weitere aber weniger stark wirkende Stellschrauben liegen in der weiteren Materialreduktion von Verschluss und Etikett sowie dem erhöhten Einsatz von Sekundärmaterial sowohl in Verschluss und Etikett als auch im Primärkörper des Verpackungssystems.
- ▶ Über alle Wirkungskategorien hinweg weisen interne Anpassungen des Verpackungssystems bis 2030 tendenziell ein größeres Optimierungspotenzial auf als die Veränderung der externen Rahmenbedingungen bis 2030.
- ▶ Hingegen weisen die Veränderungen der externen Rahmenbedingungen bis 2045 ein deutlich höheres Optimierungspotenzial auf als die internen Anpassungen des Verpackungssystems an den für 2045 angenommenen Zustand.
- ▶ Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich für die Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP und Krebsrisikopotenzial (CRP) ist dies nicht der Fall.
- ▶ Die Variation der für das Ökoprofil der Glas Mehrwegflasche maßgeblichen Parameter (Umlaufzahl, Transportentfernungen) zeigt, dass das größte Optimierungspotenzial weniger

in der Varianz der Verpackungsspezifikationen als vielmehr in der Veränderung der Rahmenbedingungen liegt.

### 5.3.5 Ergebnisse der 1,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 05)

#### 5.3.5.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 05)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert und ausgewertet.

**Tabelle 121: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	5B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	5B_SQ-30_1,5l-PETEW	5B_30-30_1,5l-PETEW	5B_30-45_1,5l-PETEW	5B_45-45_1,5l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	101,84%	66,01%	37,24%	1,72%	0,61%
Herstellung Verschluss, Etikett	9,84%	6,33%	6,53%	0,44%	0,36%
Herstellung Um- und Transportverpackung	9,24%	6,03%	5,42%	0,38%	0,34%
Abfüllung	7,14%	1,69%	1,13%	0,11%	0,05%
Distribution	1,54%	1,21%	1,11%	0,02%	0,02%
Recycling/Entsortung	63,29%	50,79%	35,62%	0,23%	0,25%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-23,90%	-6,84%	-4,66%	-0,28%	-0,19%
Gutschrift für die Allokation von ersetztetem Primärmaterial	-30,56%	-25,23%	-12,08%	-0,53%	-0,16%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>138,43%</b>	<b>100,00%</b>	<b>70,32%</b>	<b>2,09%</b>	<b>1,27%</b>

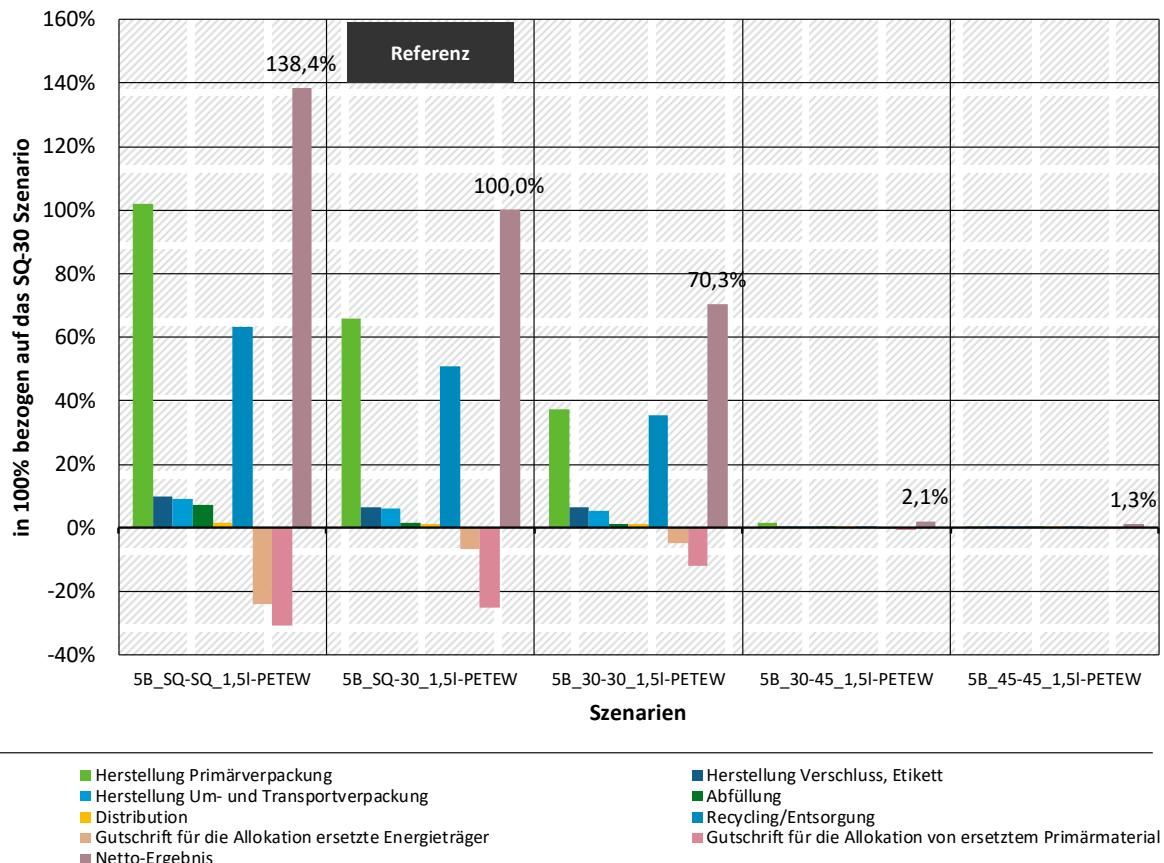
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 78: Sektorale Auswertung (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- Produktion des Kunststoffs (PET) und Herstellung der Flasche – bestimmt durch das Verpackungsgewicht im Sinne der Masse an Primärverpackung pro funktioneller Einheit und den Anteil an Sekundärmaterial im Flaschenkörper (Closed Loop geführtes rPET ersetzt primäres PET) sowie durch den Energieverbrauch bei der Produktion.
- Verwertung der Packmittel – bestimmt durch die Masse an Packmitteln pro funktioneller Einheit sowie den Split zwischen werkstofflicher und energetischer Verwertung.
- Gutschrift für die Allokation von ersetzt Primärmaterial – bestimmt durch das Verpackungsgewicht und den Anteil an Sekundärmaterial im Flaschenkörper, da Closed Loop geführtes PET keine Gutschriften erhalten kann.

Bis 2030 bleiben die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte weiterhin die Herstellung der Primärverpackung sowie deren Verwertung am Ende des Lebensweges und die damit einhergehende Gutschrift für die Allokation von ersetzt Primärmaterial:

- Die Erhöhung des Sekundärmaterials im Flaschenkörper auf 60% ab 2030 vermindert den Beitrag der Primärmaterialherstellung - bedingt gleichzeitig aber auch eine verminderte

Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial, da Closed Loop geführtes PET keine Gutschriften erhalten kann.

- Die Beiträge der Abfüllung sind für das Verpackungssystem generell gering. Das Ende der Kohleverstromung sowie Energieeinsparungen führen dennoch zu größeren Einsparungen an THG-Emissionen bei der Abfüllung.

Ab 2045 minimieren sich die THG-Emissionen unter Berücksichtigung aller Optimierungen über den gesamten Lebensweg betrachtet um ca. 99 %:

- Der Einfluss der externen Optimierungen ist dabei maßgeblich für das große Einsparungspotenzial ab 2045.
- Interne Optimierungen auf den für das Jahr 2045 erwartbaren Stand, wie die weitere Erhöhung des Sekundärmaterials im Flaschenkörper, der Einsatz von recyceltem Material im Verschluss sowie Gewichtsreduzierungen reduzieren vor allem den Beitrag der Herstellung der Primärverpackungskomponenten.
- Der ergebnisbestimmende Lebenswegabschnitt für den Betrachtungszeitraum 2045 bleibt die Herstellung der Primärverpackungskomponenten.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 122: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	5B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	5B_SQ-30_1,5l-PETEW	5B_30-30_1,5l-PETEW	5B_30-45_1,5l-PETEW	5B_45-45_1,5l-PETEW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	120%	100%	72%	56%	32%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	143%	100%	72%	0%	0%
Naturfernpotenzial NFP	20%	100%	78%	165%	109%
Wasserverbrauch	182%	100%	77%	80%	53%
Klimawandel total	139%	100%	70%	0%	-1%
Klimawandel fossil	138%	100%	70%	2%	1%
Versauerung	128%	100%	72%	39%	22%
Sommersmog	140%	100%	72%	27%	16%

Wirkungskategorie	5B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	5B_SQ-30_1,5l-PETEW	5B_30-30_1,5l-PETEW	5B_30-45_1,5l-PETEW	5B_45-45_1,5l-PETEW
Stratosphärischer Ozonabbau	107%	100%	62%	58%	26%
aquatische Eutrophierung	377%	100%	73%	84%	59%
terrestrische Eutrophierung	140%	100%	72%	31%	18%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	6%	100%	69%	54%	28%
Feinstaub PM2,5	132%	100%	72%	33%	19%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg betrachtet bis 2030 eine Minderung um 30 % und bis 2045 eine Reduktion der THG-Emissionen um 99 %.
- ▶ Für die verbleibenden Wirkungskategorien mit Bezug auf Luftschadstoffe und Gewässer ergeben sich Minderungspotenziale von 27 % bis 38 % bis 2030 und von 72 % bis 84 % bis 2045 gegenüber der Referenz SQ-30. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung, die nicht dem überwiegend beobachteten abnehmenden Trend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.
- ▶ Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die zu erzielenden Reduktionen bis 2030 bei ca. 28 %. Bis 2045 liegen die Ergebnisse zwischen 68 % und bis zu 100 % Minderung gegenüber dem Referenzszenario. Eine Ausnahme bilden die Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP und Wasserverbrauch, die nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgen.

In Kapitel 5 wird anhand dieses Verpackungssystems exemplarisch dem gegenläufigen Trend der Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP und aquatische Eutrophierung durch eine sektorale Auswertung nachgegangen und diese weiter beleuchtet.

### 5.3.5.2 Zwischenfazit (LFD 05)

Für die 1,5 l PET EW Flasche für karbonisierte Getränke (LFD 05) lassen sich folgende Kernaussagen zusammenfassen:

- ▶ Die Ergebnisse werden überwiegend durch das Verpackungsgewicht und den Anteil des Sekundärmaterials im Flaschenkörper bestimmt. Die Erhöhung des Sekundärmaterialanteils in der Flasche sowie die Gewichtsreduzierung im Primärkörper sind somit die größten internen Stellschrauben – insbesondere auch, da im Status quo das Potenzial dahingehend noch nicht ausgereizt ist.
- ▶ Die externen Rahmenbedingungen für 2045 weisen im Vergleich zu den Anpassungen an der Verpackung auf den für 2045 erwartbaren Stand ein deutlich größeres Optimierungspotenzial auf.

- Für die Mehrzahl der bewerteten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich für die Wirkungskategorien NFP, Wasserverbrauch und Gewässereutrophierung ist dies nicht der Fall.

### 5.3.6 Ergebnisse der 1,25 l PET EW Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 06)

#### 5.3.6.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 06)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 123: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 06)**

LFD 06: 1,25 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	6B_SQ-SQ_1,25l-PETEW	6B_SQ-30_1,25l-PETEW	6B_30-30_1,25l-PETEW	6B_30-45_1,25l-PETEW	6B_45-45_1,25l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	101,52%	67,19%	35,66%	1,63%	0,59%
Herstellung Verschluss, Etikett	11,34%	6,90%	7,38%	0,65%	0,55%
Herstellung Um- und Transportverpackung	7,98%	5,21%	4,66%	0,33%	0,30%
Abfüllung	6,66%	1,58%	1,06%	0,10%	0,04%
Distribution	1,45%	1,15%	1,03%	0,02%	0,02%
Recycling/Entsortung	63,21%	50,63%	34,04%	0,22%	0,24%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-23,79%	-6,82%	-4,49%	-0,27%	-0,18%
Gutschrift für die Allokation von ersetztetem Primärmaterial	-31,27%	-25,84%	-11,86%	-0,52%	-0,17%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>137,09%</b>	<b>100,00%</b>	<b>67,48%</b>	<b>2,16%</b>	<b>1,40%</b>

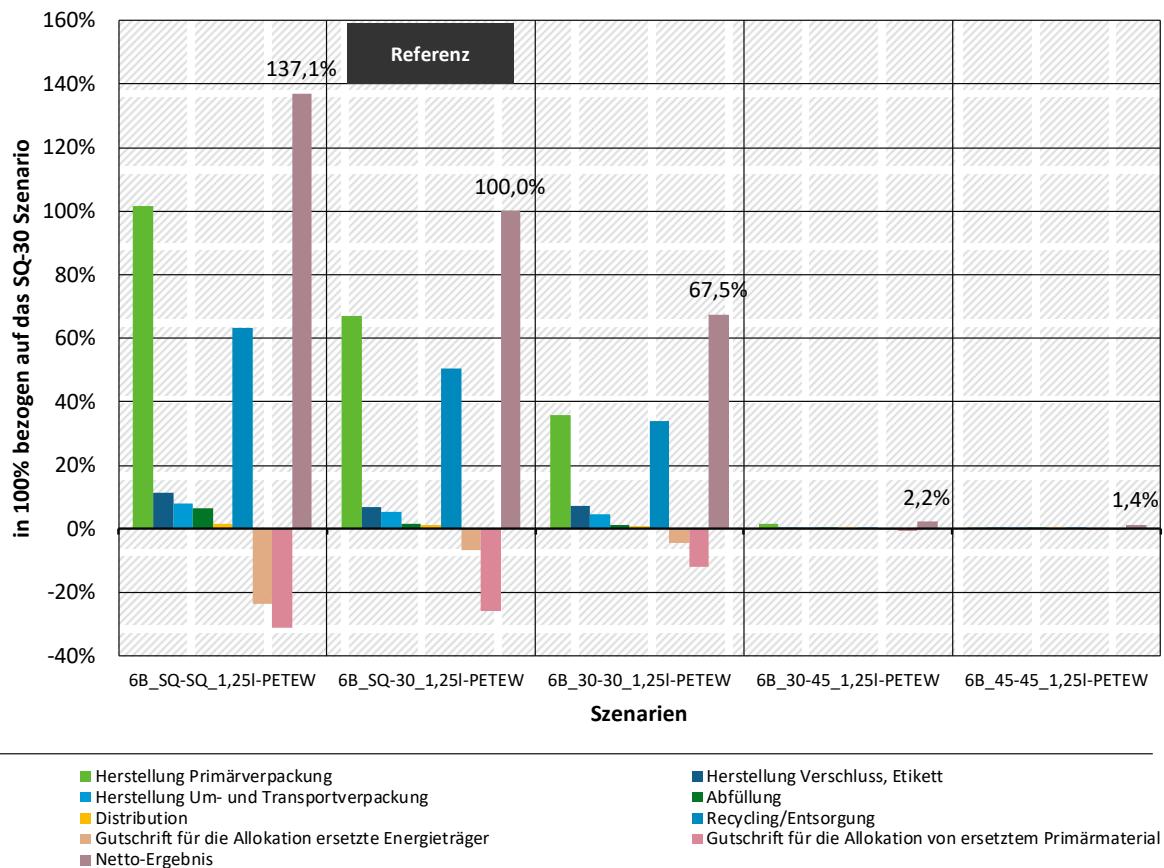
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 79: Sektorale Auswertung (LFD 06)**

LFD 06: 1,25 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die Ergebnisse der 1,25 l PET Einwegflasche für karbonisierte Getränke ähneln im Wesentlichen den Ergebnissen der 1,5 l PET Einwegflasche im selben Getränkesegment. Folgende Unterschiede können benannt werden:

- ▶ Über alle Betrachtungszeiträume liegen die Ergebnisse der 1,25 l PET Einwegflasche höher als die der 1,5 l PET Einwegflasche – dies ist vor allem bedingt durch die größere Masse an Primärverpackung pro funktioneller Einheit.
- ▶ Die größere Masse zur Erfüllung der funktionellen Einheit hat Einfluss auf alle Lebenswegabschnitten.
- ▶ Insbesondere die Umweltbelastungen aus der Produktion der Verschlüsse und Etiketten spielen bei der 1,25 l PET-Einwegflasche eine deutlich größere Rolle als bei der 1,5 l PET-Einwegflasche. Zwar gibt es Gewichtsunterschiede bei Verschluss und Etikett zwischen den beiden Systemen, der Hauptgrund liegt jedoch darin, dass die 1,25 l PET Einwegflasche aufgrund der Skalierung auf die funktionelle Einheit (1.000 l Getränke) den 1,2-fachen Bedarf an Verschlüssen und Etiketten hat.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die

ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 124: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 06)**

LFD 06: 1,25 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	6B_SQ-SQ_1,25l-PETEW	6B_SQ-30_1,25l-PETEW	6B_30-30_1,25l-PETEW	6B_30-45_1,25l-PETEW	6B_45-45_1,25l-PETEW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	118%	100%	70%	55%	33%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	143%	100%	69%	0%	0%
Naturfernpotenzial NFP	15%	100%	83%	142%	103%
Wasserverbrauch	173%	100%	77%	79%	56%
Klimawandel total	138%	100%	67%	0%	-1%
Klimawandel fossil	137%	100%	67%	2%	1%
Versauerung	127%	100%	70%	38%	22%
Sommersmog	139%	100%	69%	27%	16%
Stratosphärischer Ozonabbau	106%	100%	59%	55%	25%
aquatische Eutrophierung	344%	100%	73%	81%	60%
terrestrische Eutrophierung	137%	100%	70%	31%	19%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	6%	100%	66%	52%	27%
Feinstaub PM2,5	130%	100%	70%	33%	19%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

Wie für die Wirkungskategorie Klimawandel fossil festgestellt, ähneln die Ergebnisse der 1,25 l PET Einwegflasche in den restlichen Wirkungskategorien ebenfalls denen der 1,5 l PET Einwegflasche im selbigen Getränkesegment:

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg betrachtet bis 2030 eine Minderung um 33 % und bis 2045 eine Reduktion der THG-Emissionen um 99 %.
- ▶ Für die verbleibenden Wirkungskategorien mit Bezug auf Luftschadstoffe und Gewässer ergeben sich bis 2030 Minderungspotenziale von 27 % bis 41 % und bis 2045 Minderungspotenziale von 40 % bis 73 % gegenüber der ReferenzSQ-30. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung, die nicht dem überwiegend beobachteten abnehmenden Trend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.
- ▶ Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die zu erzielenden Reduktionen bis 2030 im Bereich von 30 %. Bis 2045 liegen die Ergebnisse zwischen 67 % und bis zu 100 % Minderung gegenüber dem Referenzszenario. Eine Ausnahme bilden die Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP und Wasserverbrauch, die nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgen.

### 5.3.6.2 Zwischenfazit (LFD 06)

Die getroffenen Aussagen hinsichtlich der Optimierungspotenziale der 1,5 l PET Einwegflasche (LFD 05) lassen sich auf die 1,25 l PET Einwegflasche für karbonisierte Getränke übertragen:

- ▶ Die Ergebnisse werden im Wesentlichen durch das Verpackungsgewicht und den Rezyklatanteil im Flaschenkörper bestimmt. Die Erhöhung des Sekundärmaterialanteils in der Flasche sowie die Gewichtsreduzierung im Primärkörper sind somit die größten internen Stellschrauben – insbesondere auch, da im Status quo das Potenzial dahingehend noch nicht ausgereizt ist.
- ▶ Die externen Rahmenbedingungen für 2045 weisen im Vergleich zu den Anpassungen der Verpackungsspezifikation an den für 2045 zu erwartenden Stand ein deutlich größeres Optimierungspotenzial auf.
- ▶ Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich bei den Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP, Wasserverbrauch und Gewässereutrophierung ist dies nicht der Fall.

### 5.3.7 Ergebnisse der 1,0 l PET EW Flasche mit Kasten im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 07)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 125: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse LFD 07**

LFD 07: 1,0 l PET EW Flasche mit Kasten, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	7B_SQ-SQ_1,0l-PETEWK	7B_SQ-30_1,0l-PETEWK	7B_30-30_1,0l-PETEWK	7B_30-45_1,0l-PETEWK	7B_45-45_1,0l-PETEWK
Herstellung Primärverpackung	91,04%	49,25%	28,38%	1,45%	0,92%
Herstellung Verschluss, Etikett	23,63%	13,90%	14,78%	1,56%	1,38%
Herstellung Um- und Transportverpackung	2,49%	1,16%	0,92%	0,06%	0,06%
Abfüllung	11,24%	2,68%	1,78%	0,17%	0,07%
Distribution	7,99%	6,65%	5,88%	0,13%	0,12%
Recycling/Entsorgung	68,57%	45,05%	35,23%	0,43%	0,40%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-19,94%	-5,64%	-4,25%	-0,26%	-0,24%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-15,90%	-13,04%	-4,07%	-0,23%	-0,21%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>169,12%</b>	<b>100,00%</b>	<b>78,66%</b>	<b>3,31%</b>	<b>2,51%</b>

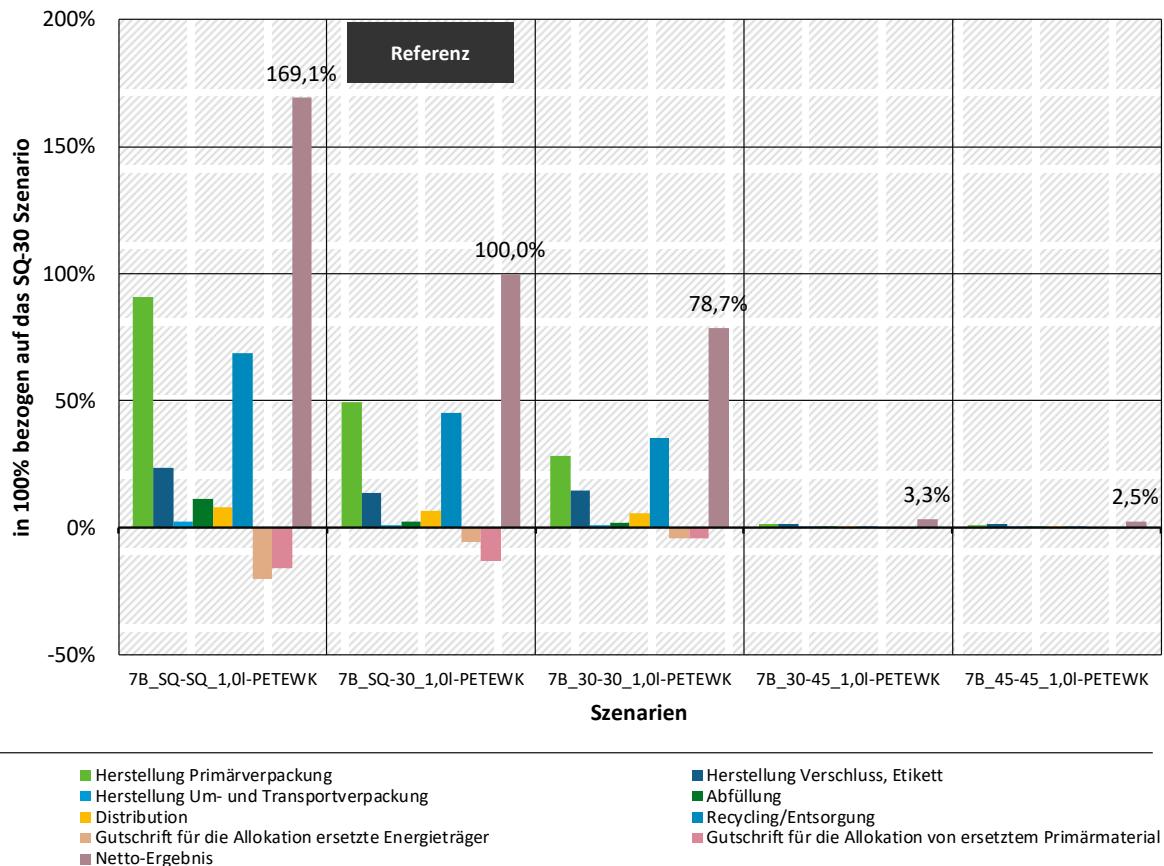
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 80: Sektorale Auswertung (LFD 07)**

LFD 07: 1,0 l PET EW Flasche mit Kasten, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- ▶ Verwertung der Packmittel – bestimmt durch die Masse an Packmitteln pro funktioneller Einheit sowie den Split zwischen werkstofflicher und energetischer Verwertung.
- ▶ Produktion des Kunststoffs (PET) und Herstellung der Flasche – bestimmt durch das Verpackungsgewicht im Sinne der Masse an Primärverpackung pro funktioneller Einheit und den Anteil an Sekundärmaterial im Flaschenkörper (Closed Loop geführtes rPET ersetzt primäres PET) sowie durch den Energieverbrauch bei der Produktion.

Aufgrund der hohen Umlaufzahlen und des bereits im Status quo umgesetzten hohen Sekundärmaterialanteils des Kastens liefert der Lebenswegabschnitt Herstellung der Um- und Transportverpackung nur einen geringen Beitrag zum Gesamtergebnis. Gleichzeitig führt das Kastensystem zu höheren Beiträgen aus der Distribution, da die Flaschen für den Rücktransport nicht gepresst werden.

Für 2030 und 2045 bleiben die für den SQ als ergebnisbestimmend identifizierten Lebenswegabschnitte bestehen. Der Herstellung des Verschlusses und der Etiketten gewinnt mit steigendem Sekundärmaterial in der Flasche an Bedeutung.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 126: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 07)**

LFD 07: 1,0 l PET EW Flasche mit Kasten, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	7B_SQ-SQ_1,0l-PETEWK	7B_SQ-30_1,0l-PETEWK	7B_30-30_1,0l-PETEWK	7B_30-45_1,0l-PETEWK	7B_45-45_1,0l-PETEWK
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	154%	100%	82%	62%	48%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	161%	100%	80%	0%	0%
Naturfernpotenzial NFP	10%	100%	94%	131%	117%
Wasserverbrauch	137%	100%	85%	82%	65%
Klimawandel total	172%	100%	77%	-3%	-4%
Klimawandel fossil	169%	100%	79%	3%	3%
Versauerung	146%	100%	82%	42%	32%
Sommersmog	160%	100%	81%	29%	24%
Stratosphärischer Ozonabbau	112%	100%	69%	60%	46%
aquatische Eutrophierung	244%	100%	86%	79%	69%
terrestrische Eutrophierung	156%	100%	83%	34%	27%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	7%	100%	78%	54%	40%
Feinstaub PM2,5	149%	100%	82%	35%	28%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg betrachtet bis 2030 eine Minderung um 21 % und bis 2045 eine Reduktion der THG-Emissionen um 97 %.

- ▶ Für die restlichen Wirkungskategorien mit Bezug auf Luftschadstoffe und Gewässer ergeben sich bis zum Jahr 2030 bezogen auf die Referenz SQ-30 mögliche Minderungen von 14 % bis 31 % und bis 2045 mögliche Minderungen von 31 % bis zu 76 %.
- ▶ Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen bis 2030 die zu erzielenden Minderungen zwischen 15 % und 20 %. Bis 2045 können die Ergebnisse zwischen 52 % und bis zu 100 % Minderung gegenüber dem Referenzszenario ergeben.

Für die meisten Wirkungskategorien zeichnet sich über die Betrachtungszeiträume hinweg ein kontinuierlich abnehmender Trend ab. Für die Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP trifft dies jedoch nicht zu.

### **5.3.7.2 Zwischenfazit (LFD 07)**

Für die kastengebundene 1,0 l PET Einwegflasche für karbonisierte Getränke (LFD 07) können folgende Kernaussagen hinsichtlich möglicher Optimierungspotenziale getroffen werden:

- ▶ Die Ergebnisse werden überwiegend durch das Verpackungsgewicht und den hohen Sekundärmaterialanteil der Primärverpackungskomponenten sowie deren Verwertung bestimmt. Die Erhöhung des Sekundärmaterialanteils in der Flasche sowie die Gewichtsreduzierung im Primärkörper sind somit die größten internen Stellschrauben – insbesondere auch, da im Status quo das Potenzial dahingehend noch nicht ausgereizt ist. Auch Gewichtsreduktion und Erhöhung des Sekundärmaterialanteils in Verschluss und Etikett tragen zur Reduktion der Umweltwirkungen bei, wenn auch in wesentlich geringerem Umfang.
- ▶ Das kastengebundene System wirkt sich positiv auf den Beitrag aus der Herstellung von Um- und Transportverpackungen aus, führt aber gleichzeitig zu höheren Beiträgen aus der Distribution.
- ▶ Die externen Rahmenbedingungen für 2030 bzw. 2045 weisen ein deutlich größeres Optimierungspotenzial auf als die Anpassung der Verpackungsspezifikationen auf den für das jeweilige prospektive Jahr erwartbaren Stand.
- ▶ Für die Mehrzahl der ausgewerteten Wirkungskategorie lässt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse feststellen. Lediglich für die Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP zeichnet sich dies nicht ab.

### **5.3.8 Ergebnisse der 0,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 08)**

#### **5.3.8.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 08)**

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert und ausgewertet.

**Tabelle 127: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 08)**

LFD 08: 0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	8B_SQ-SQ_0,5l-PETEW	8B_SQ-30_0,5l-PETEW	8B_30-30_0,5l-PETEW	8B_30-45_0,5l-PETEW	8B_45-45_0,5l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	91,85%	61,69%	34,35%	1,56%	0,54%
Herstellung Verschluss, Etikett	17,77%	11,00%	10,88%	0,89%	0,76%
Herstellung Um- und Transportverpackung	7,05%	4,60%	4,10%	0,28%	0,26%
Abfüllung	8,91%	2,13%	1,42%	0,14%	0,06%
Distribution	1,21%	0,96%	0,87%	0,02%	0,01%
Recycling/Entsorgung	64,58%	51,31%	36,80%	0,23%	0,25%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-24,58%	-7,02%	-4,89%	-0,30%	-0,20%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-29,94%	-24,68%	-12,29%	-0,55%	-0,20%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>136,84%</b>	<b>100,00%</b>	<b>71,23%</b>	<b>2,27%</b>	<b>1,47%</b>

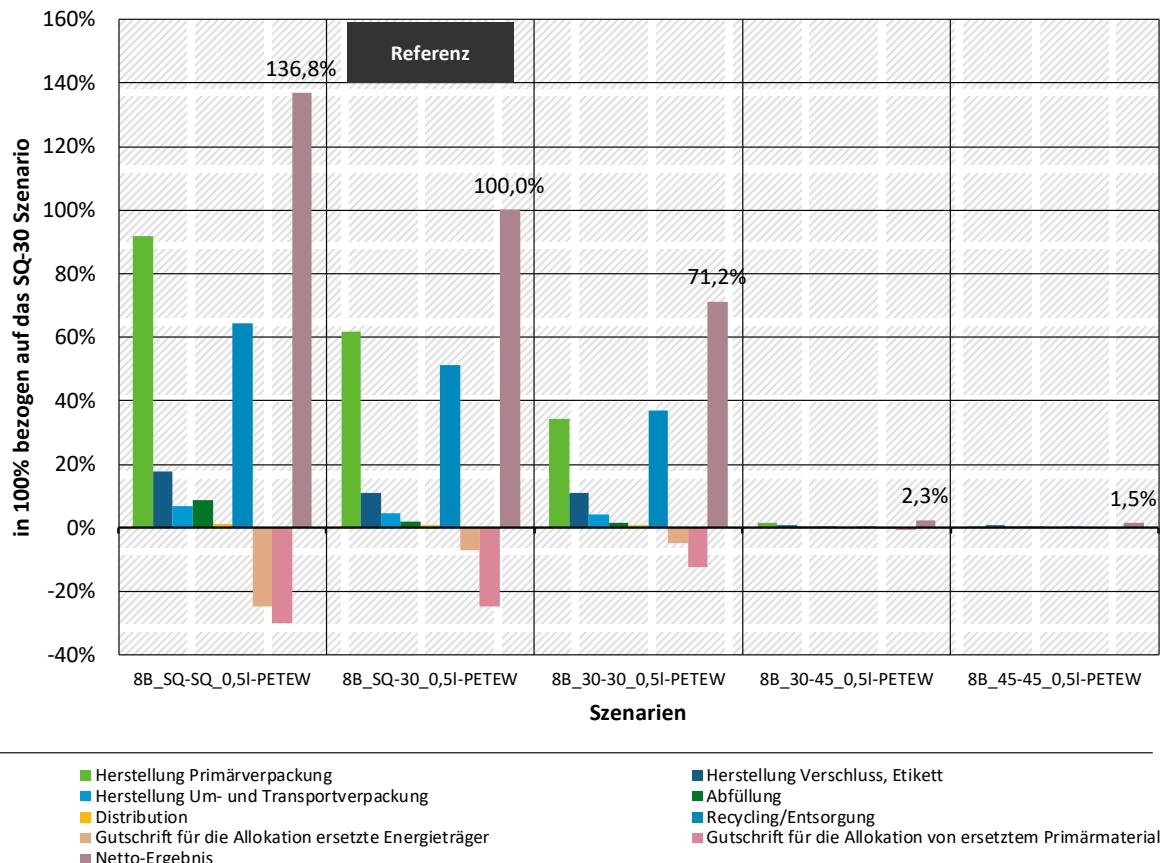
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 81: Sektorale Auswertung (LFD 08)**

LFD 08: 0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die 0,5l PET-Einwegflasche für kohlensäurehaltige Erfrischungsgetränke weist ein ähnliches ökobilanzielles Muster auf wie die anderen PET-Einwegflaschen im Getränkesegment. Aufgrund des geringeren Füllvolumens wird jedoch mehr Verpackungsmaterial benötigt, um die funktionelle Einheit zu erfüllen. Dementsprechend weisen alle Lebenswegabschnitte, die mit der Herstellung und Verwertung der Packmittel in Verbindung stehen, höhere Belastungen und eine höhere Relevanz für das Nettoergebnis auf.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 128: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 08)**

LFD 08: 0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	8B_SQ-SQ_0,5l-PETEW	8B_SQ-30_0,5l-PETEW	8B_30-30_0,5l-PETEW	8B_30-45_0,5l-PETEW	8B_45-45_0,5l-PETEW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	126%	100%	73%	57%	34%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	142%	100%	73%	0%	0%
Naturfernpotenzial NFP	12%	100%	79%	132%	96%
Wasserverbrauch	163%	100%	77%	79%	54%
Klimawandel total	138%	100%	71%	0%	-1%
Klimawandel fossil	137%	100%	71%	2%	1%
Versauerung	125%	100%	73%	40%	24%
Sommersmog	138%	100%	73%	27%	17%
Stratosphärischer Ozonabbau	107%	100%	62%	58%	26%
aquatische Eutrophierung	336%	100%	74%	80%	58%
terrestrische Eutrophierung	137%	100%	73%	31%	19%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	6%	100%	70%	56%	29%
Feinstaub PM2,5	129%	100%	73%	35%	21%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

Wie für die Wirkungskategorie Klimawandel fossil festgestellt, ähneln die Ergebnisse der 0,5 l PET Einwegflasche in den restlichen Wirkungskategorien ebenfalls denen der übrigen PET Einwegflasche im selbigen Getränkesegment:

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg betrachtet bis 2030 eine Minderung um 29 % und bis 2045 eine Reduktion der THG-Emissionen um 99 %.
- ▶ Für die restlichen Wirkungskategorien mit Bezug auf Luftschatdstoffe und Gewässer ergeben sich bis zum Jahr 2030 bezogen auf das Referenzjahr SQ-30 mögliche Minderungen von 27 %

bis 38 % und bis 2045 mögliche Minderungen von 71 % bis zu 83 %. Ausgenommen ist hierbei die Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung, bei der sich kein kontinuierlicher Abwärtstrend beschreiben lässt.

- ▶ Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen bis 2030 die zu erzielenden Minderungen bei bis zu 27 %. Bis 2045 können die Ergebnisse zwischen 66 % und bis zu 100 % Minderung gegenüber dem Referenzszenario ergeben. Ausgenommen hiervon sind erstens das Naturfernepotenzial NFP und zweitens der Wasserverbrauch in denen sich kein kontinuierlich abnehmender Trend abzeichnet.

#### **5.3.8.2 Zwischenfazit (LFD 08)**

Für die 0,5 l PET Einwegflasche für karbonisierte Getränke (LFD 08) können folgende Kernaussagen hinsichtlich möglicher Optimierungspotenziale getroffen werden:

- ▶ Die Ergebnisse werden überwiegend durch das Verpackungsgewicht und den Anteil des Sekundärmaterials im Flaschenkörper bestimmt. Die Erhöhung des Sekundärmaterialanteils in der Flasche sowie die Gewichtsreduzierung im Primärkörper sind somit die größten internen Stellschrauben – insbesondere auch, da im Status quo das Potenzial dahingehend noch nicht ausgereizt ist. Auch Gewichtsreduktion und Erhöhung des Sekundärmaterialanteils in Verschluss und Etikett tragen zur Reduktion der Umweltwirkungen bei, wenn auch in wesentlich geringerem Umfang.
- ▶ Die externen Rahmenbedingungen für 2030 bzw. 2045 weisen für die Mehrzahl der Wirkungskategorien ein deutlich größeres Optimierungspotenzial auf als die Anpassung der Verpackungsspezifikationen an den für das jeweilige Betrachtungsjahr zu erwartenden Stand.
- ▶ Für die Mehrzahl der ausgewerteten Wirkungskategorie lässt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse feststellen. Lediglich für die Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP, Wasserverbrauch und aquatische Eutrophierung zeichnet sich dies nicht ab.

#### **5.3.9 Ergebnisse der 0,33 l Getränkendose aus Aluminium im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 09)**

##### **5.3.9.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 09)**

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert und ausgewertet.

**Tabelle 129: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 09)**

LFD 09: 0,33 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	9B_SQ-SQ_0,33l-AluEW	9B_SQ-30_0,33l-AluEW	9B_30-30_0,33l-AluEW	9B_30-45_0,33l-AluEW	9B_45-45_0,33l-AluEW
Herstellung Primärverpackung	96,53%	48,04%	32,91%	2,14%	1,98%
Herstellung Verschluss, Etikett	50,66%	36,21%	26,72%	1,78%	1,33%
Herstellung Um- und Transportverpackung	33,72%	23,67%	22,47%	4,24%	4,01%
Abfüllung	3,73%	1,15%	0,62%	0,04%	0,02%
Distribution	3,05%	2,38%	2,25%	0,05%	0,05%
Recycling/Entsorgung	20,09%	16,38%	15,99%	0,35%	0,34%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-6,08%	-1,83%	-1,64%	-0,06%	-0,05%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-35,31%	-26,01%	-13,56%	-0,93%	-0,62%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>166,40%</b>	<b>100,00%</b>	<b>85,76%</b>	<b>7,61%</b>	<b>7,04%</b>

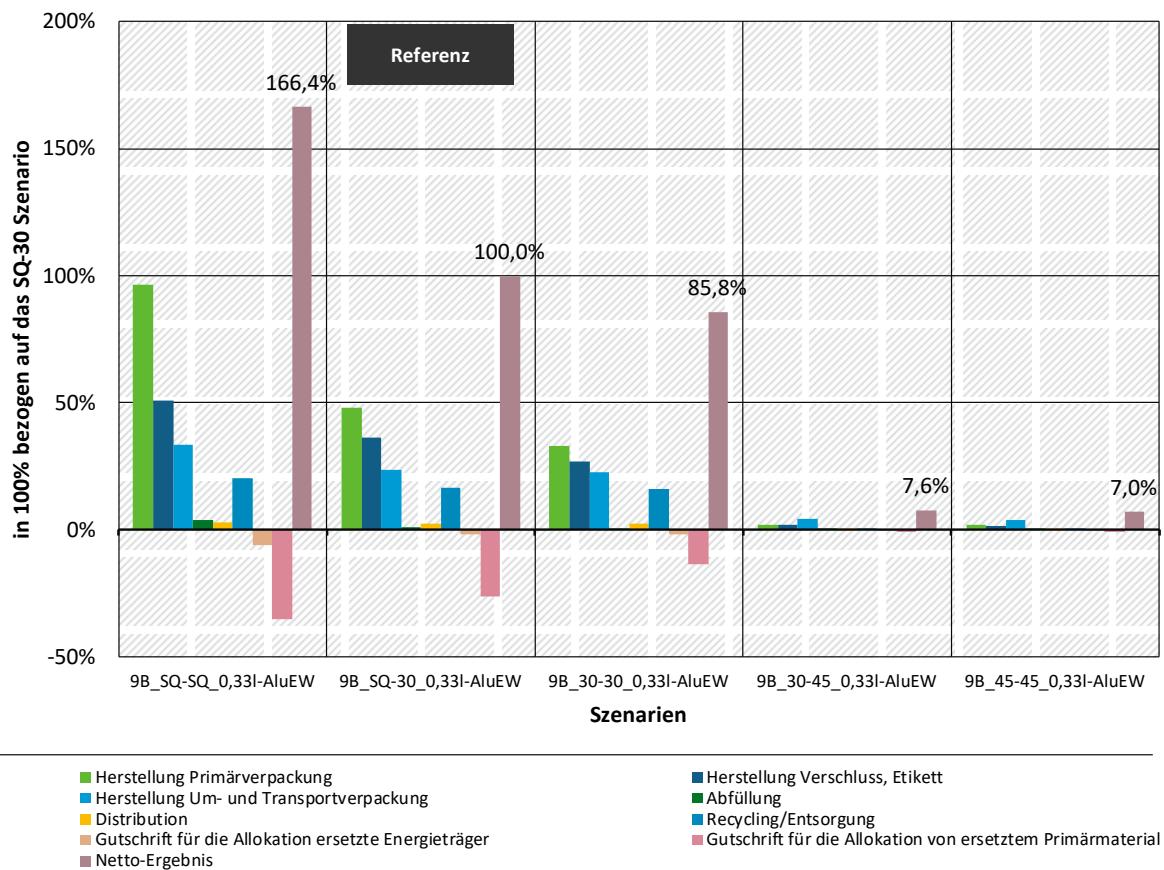
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 82: Sektorale Auswertung (LFD 09)**

LFD 09: 0,33 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- ▶ Produktion des primären Aluminiums – bestimmt durch das Verpackungsgewicht im Sinne der Masse an Primärverpackung pro funktioneller Einheit und den Anteil an Sekundärmaterial im Dosenkörper (Closed Loop geführtes Alu ersetzt primäres Alu) sowie die Verarbeitung zur Dose – bedingt durch den Energieverbrauch.
- ▶ Herstellung der Verschlüsse (Dosendeckel) – bestimmt durch das Gewicht der Verpackungskomponente im Sinne der Masse pro funktioneller Einheit.
- ▶ Herstellung der Um- und Transportverpackung – bestimmt durch den Materialeinsatz pro funktioneller Einheit.
- ▶ Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial – bestimmt durch das Verpackungsgewicht und den Anteil an Sekundärmaterial im Dosenkörper, da Closed Loop geführtes Alu keine Gutschriften erhalten kann.

Bis 2030 bleiben die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte weiterhin die Herstellung und Verarbeitung der Primärverpackungskomponenten sowie die Herstellung der Um- und Transportverpackung:

- ▶ Die großen Einsparungen in den Lebenswegabschnitten „Herstellung Primärverpackung“ und „Herstellung Verschluss, Etikett“ finden im Verarbeitungsprozess zur Dose statt und sind vor allem auf das Ende der Kohleverstromung bis 2030 zurückzuführen.
- ▶ Die Erhöhung des Sekundärmaterials im Dosenbody auf 92 % und im Dosendeckel auf 30 % verringert zusätzlich den Beitrag der Primärmaterialherstellung ab 2030. Gleichzeitig gewinnt die Verwertung am Ende des Lebensweges an Bedeutung.
- ▶ Die Beiträge der Abfüllung sind für das Verpackungssystem generell gering. Das Ende der Kohleverstromung sowie Energieeinsparungen führen dennoch zu geringeren THG-Emissionen bei der Abfüllung.

Ab 2045 minimieren sich die THG-Emissionen unter Berücksichtigung aller Optimierungen über den gesamten Lebensweg auf ein niedriges Niveau:

- ▶ Der Einfluss der externen Optimierungen ist dabei maßgeblich für das große Einsparungspotenzial ab 2045.
- ▶ Weitere Optimierungen der Verpackungsspezifikationen auf den für das Jahr 2045 erwartbaren Stand haben einen geringfügigen Einfluss auf das Ergebnis. Dennoch führen die weitere Erhöhung des Sekundärmaterials im Dosenbody und Dosendeckel zu zusätzlichen Einsparungen bei der Primärmaterialherstellung.
- ▶ Der ergebnisbestimmende Lebenswegabschnitt für den Betrachtungszeitraum 2045 verschiebt sich auf die Herstellung der Um- und Transportverpackung.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 130: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 09)**

LFD 09: 0,33 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	9B_SQ-SQ_0,33l-AluEW	9B_SQ-30_0,33l-AluEW	9B_30-30_0,33l-AluEW	9B_30-45_0,33l-AluEW	9B_45-45_0,33l-AluEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	173%	100%	87%	79%	74%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	163%	100%	87%	1%	1%
Naturfernpotenzial NFP	78%	100%	90%	137%	129%
Wasserverbrauch	277%	100%	91%	130%	122%
Klimawandel total	170%	100%	85%	3%	3%

Wirkungskategorie	9B_SQ-SQ_0,33I-AluEW	9B_SQ-30_0,33I-AluEW	9B_30-30_0,33I-AluEW	9B_30-45_0,33I-AluEW	9B_45-45_0,33I-AluEW
Klimawandel fossil	166%	100%	86%	8%	7%
Versauerung	128%	100%	80%	55%	50%
Sommersmog	137%	100%	87%	62%	58%
Stratosphärischer Ozonabbau	90%	100%	89%	74%	69%
aquatische Eutrophierung	93%	100%	92%	248%	235%
terrestrische Eutrophierung	135%	100%	86%	70%	65%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	9%	100%	66%	63%	51%
Feinstaub PM2,5	135%	100%	82%	52%	48%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg betrachtet bis 2030 eine Minderung um 14 % und bis 2045 eine Reduktion der THG-Emissionen um 93 %.
- Für die restlichen luftschadstoffgetriebenen Wirkungskategorien ergeben sich bis zum Jahr 2030 bezogen auf das Referenzjahr SQ-30 mögliche Minderungen zwischen 11 % und 34 % und bis 2045 mögliche Minderungen von 31 % bis zu 52 %.
- Bei der aquatischen Eutrophierung ist kein Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse zu beobachten.
- Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die bis 2030 zu erzielenden Minderungen um die 13 %. Bis 2045 können sich in den Ergebnissen Minderungen zwischen 26 % und 99 % gegenüber dem Referenzszenario ergeben. Ausgenommen sind hierbei die Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP und Wasserverbrauch, welche nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgen. Die prospektiv steigenden Beiträge in der Wirkungskategorie Wasserverbrauch sind auf eine Erhöhung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen in der Um- und Transportverpackung - welcher mit einem erhöhten Wasserverbrauch einhergeht - zurückzuführen.

### 5.3.9.2 Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 09)

Hier werden die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse bezüglich des Sekundäraluminiumanteils im Dosenband dokumentiert. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch dargestellt, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

Analog zu LFD02 wird auch für die 0,33 l Aluminium Getränkendose eine Sensitivitätsanalyse hinsichtlich des Sekundäraluminiumgehalts im Dosenkörper durchgeführt. Die Ergebnisse sind nahezu identisch.

**Tabelle 131: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 09)**

LFD 09: 0,33 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	9B_SQ-SQ_0,33l-AluEW	9S_CL50%_SQ-SQ_0,33l-AluEW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	100%	122%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	100%	111%
Naturfernpotenzial NFP	100%	101%
Wasserverbrauch	100%	131%
Klimawandel total	100%	115%
Klimawandel fossil	100%	115%
Versauerung	100%	125%
Sommersmog	100%	116%
Stratosphärischer Ozonabbau	100%	105%
aquatische Eutrophierung	100%	103%
terrestrische Eutrophierung	100%	117%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	100%	150%
Feinstaub PM2,5	100%	123%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

### 5.3.9.3 Zwischenfazit (LFD 09)

Für die 0,33 l Aluminium Getränkendose im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 09) lassen sich folgende wesentliche Aussagen hinsichtlich der Optimierungspotenziale zusammenfassen:

- Die Ergebnisse des Status quo und des Betrachtungszeitraums 2030 werden überwiegend durch die Beträge der Primär- als auch der Um- und Transportverpackungskomponenten

bestimmt. Entsprechend liegen die wesentlichen Stellschrauben bei der Materialreduktion sowie dem Einsatz von Sekundärmaterial in diesen Komponenten. Da der Materialeinsatz im Primärkörper bereits im Status quo weitestgehend optimiert ist, liegt hier das Potenzial eher im höheren Einsatz von Sekundärmaterial. Bei der Um- und Transportverpackung können insbesondere weitere Materialreduktionen die Umweltwirkung reduzieren.

- ▶ Ab 2030 gewinnt dadurch die Verwertung am Ende des Lebensweges zunehmend an Bedeutung.
- ▶ Die veränderten Rahmenbedingungen für das Jahr 2030 bzw. 2045 weisen ein deutlich größeres Optimierungspotenzial auf als die Anpassung der Verpackungsspezifikationen (bspw. die Erhöhung des Anteils an Sekundärmaterial im Dosenbody und Dosendeckel) auf den jeweiligen prospektiven Betrachtungszeitraum.
- ▶ Die Modellierung des Sekundärrohstoffgehalts in der Aluminium Getränkendose ist eine ergebnisrelevante Entscheidung. Sie sollte daher gut begründet werden.

### **5.3.10 Ergebnisse der 0,25 l Getränkendose aus Aluminium im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 10)**

#### **5.3.10.1 Wirkungsabschätzung der Basiszenarien (LFD 10)**

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert und ausgewertet.

**Tabelle 132: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 10)**

LFD 10: 0,25 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	10B_SQ-SQ_025l-AluEW	10B_SQ-30_0,25l-AluEW	10B_30-30_025l-AluEW	10B_30-45_0,25l-AluEW	10B_45-45_025l-AluEW
Herstellung Primärverpackung	90,74%	43,75%	30,51%	2,01%	1,86%
Herstellung Verschluss, Etikett	53,97%	38,57%	28,46%	1,90%	1,41%
Herstellung Um- und Transportverpackung	35,81%	25,14%	23,87%	4,51%	4,27%
Abfüllung	3,97%	1,23%	0,66%	0,05%	0,02%
Distribution	4,05%	3,15%	2,98%	0,07%	0,06%
Recycling/Entsorgung	19,23%	15,87%	15,36%	0,33%	0,32%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-6,24%	-1,88%	-1,69%	-0,06%	-0,05%
Gutschrift für die Allokation von ersetzttem Primärmaterial	-34,90%	-25,82%	-14,01%	-0,96%	-0,65%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>166,65%</b>	<b>100,00%</b>	<b>86,15%</b>	<b>7,84%</b>	<b>7,24%</b>

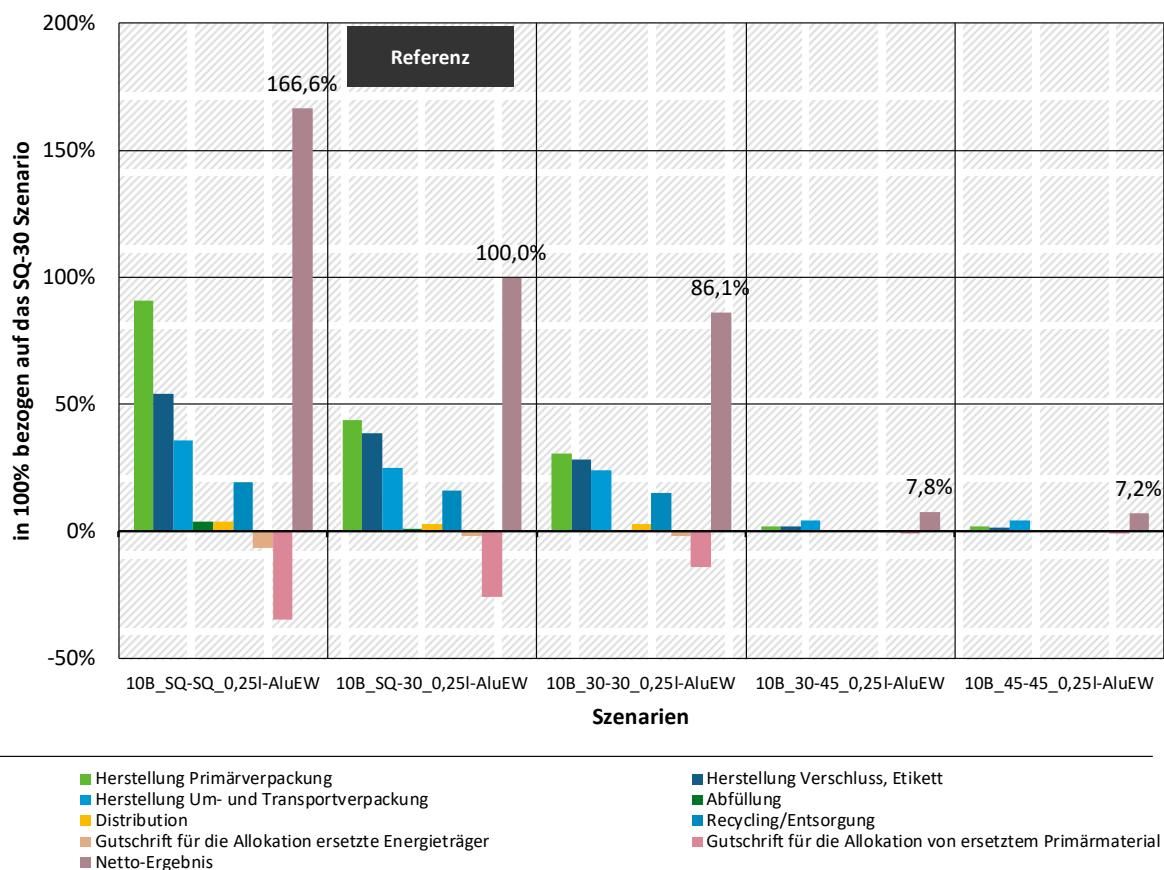
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

### Abbildung 83: Sektorale Auswertung (LFD 10)

LFD 10: 0,25 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment karbonisierte Getränke

#### Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)

realtive Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die Ergebnisse der 0,25 l Aluminiumdose für karbonisierte Getränke ähneln im Wesentlichen den Ergebnissen der 0,33 l Aluminiumdose im selben Getränkesegment. Aufgrund der unterschiedlichen Füllvolumina ergeben sich jedoch geringe Abweichungen:

- ▶ Über alle Betrachtungszeiträume liegen die Ergebnisse der 0,25 l Aluminiumdose etwas höher – bedingt durch die größere Masse an Primärverpackung pro funktioneller Einheit.
- ▶ Dies nimmt Einfluss auf alle Lebenswegabschnitten, insbesondere auf die Herstellung der Primärverpackungskomponenten (Dosenbody und Dosendeckel) als auch auf die Distribution.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 133: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 10)**

LFD 10: 0,25 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	10B_SQ-SQ_0,25l-AluEW	10B_SQ-30_0,25l-AluEW	10B_30-30_0,25l-AluEW	10B_30-45_0,25l-AluEW	10B_45-45_0,25l-AluEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	173%	100%	87%	81%	76%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	162%	100%	87%	1%	1%
Naturfernpotenzial NFP	79%	100%	90%	138%	130%
Wasserverbrauch	266%	100%	91%	132%	124%
Klimawandel total	170%	100%	86%	3%	3%
Klimawandel fossil	167%	100%	86%	8%	7%
Versauerung	129%	100%	80%	56%	51%
Sommersmog	138%	100%	88%	62%	58%
Stratosphärischer Ozonabbau	90%	100%	89%	74%	69%
aquatische Eutrophierung	93%	100%	92%	256%	243%
terrestrische Eutrophierung	135%	100%	86%	72%	66%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	9%	100%	67%	65%	52%
Feinstaub PM2,5	135%	100%	82%	53%	49%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg betrachtet bis 2030 eine Minderung um 14 % und bis 2045 eine Reduktion der THG-Emissionen um 93 %.
- Für die restlichen luftschadstoffgetriebenen Wirkungskategorien ergeben sich bis zum Jahr 2030 bezogen auf das Referenzjahr SQ-30 mögliche Minderungen zwischen 11 % und 33 % und bis 2045 mögliche Minderungen von 31 % bis zu 51 %.
- Bei der aquatischen Eutrophierung ist kein Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse zu beobachten.

- Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die bis 2030 zu erzielenden Minderungen um die 13 %. Bis 2045 können sich in den Ergebnissen Minderungen zwischen 24 % und 99 % gegenüber dem Referenzszenario ergeben. Ausgenommen sind hierbei die Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP und Wasserverbrauch, welche nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgen. Die prospektiv steigenden Beiträge in der Wirkungskategorie Wasserverbrauch sind auf eine Erhöhung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen in der Um- und Transportverpackung - welcher mit einem erhöhten Wasserverbrauch einhergeht – zurückzuführen (siehe auch Kapitel 5.3.29.1).

### 5.3.10.2 Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 10)

Hier werden die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse bezüglich des Sekundäraluminiumanteils im Dosenband dokumentiert. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch dargestellt, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert und ausgewertet.

Analog zu LFD02 und LFD09 wird auch für die 0,25 l Aluminium Getränkedose eine Sensitivitätsanalyse hinsichtlich des Sekundäraluminiumgehalts im Dosenkörper durchgeführt. Die Ergebnisse sind wiederum nahezu identisch.

**Tabelle 134: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 10)**

LFD 10: 0,25 l Getränkedose aus Aluminium, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	10B_SQ-SQ_0,25l-AluEW	10S_CL50%_SQ-SQ_0,25l-AluEW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	100%	120%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	100%	110%
Naturfernepotenzial NFP	100%	101%
Wasserverbrauch	100%	128%
Klimawandel total	100%	113%
Klimawandel fossil	100%	113%
Versauerung	100%	122%
Sommersmog	100%	114%
Stratosphärischer Ozonabbau	100%	104%
aquatische Eutrophierung	100%	102%

Wirkungskategorie	10B_SQ-SQ_0,25l-AluEW	10S_CL50%_SQ-SQ_0,25l-AluEW
terrestrische Eutrophierung	100%	114%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	100%	145%
Feinstaub PM2,5	100%	120%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

### 5.3.10.3 Zwischenfazit (LFD 10)

Für die 0,25 l Aluminiumdose für karbonisierte Getränke gelten im Wesentlichen die gleichen Kernaussagen hinsichtlich möglicher Optimierungspotenziale wie bereits für das LFD09 Szenario beschrieben.

- ▶ Die Ergebnisse des Status quo und des Betrachtungszeitraums 2030 werden überwiegend durch die Beiträge der Primär- als auch der Um- und Transportverpackungskomponenten bestimmt. Entsprechend liegen die wesentlichen Stellschrauben bei der Materialreduktion sowie dem Einsatz von Sekundärmaterial in diesen Komponenten. Da der Materialeinsatz im Primärkörper bereits im Status quo weitestgehend optimiert ist, liegt hier das Potenzial eher im höheren Einsatz von Sekundärmaterial. Bei der Um- und Transportverpackung können insbesondere weitere Materialreduktionen die Umweltwirkung reduzieren.
- ▶ Ab 2030 gewinnt dadurch die Verwertung am Ende des Lebensweges zunehmend an Bedeutung.
- ▶ Die veränderten Rahmenbedingungen für das Jahr 2030 bzw. 2045 weisen ein deutlich größeres Optimierungspotenzial auf als die Anpassung der Verpackungsspezifikationen (bspw. die Erhöhung des Anteils an Sekundärmaterial im Dosenbody und Dosendeckel) auf den jeweiligen prospektiven Betrachtungszeitraum.
- ▶ Die Nettoergebnisse der beiden Aluminiumgetränkendosen für karbonisierte Getränke weichen über alle Wirkungskategorien und alle Betrachtungszeiträume im Mittel um 20 % voneinander ab.
- ▶ Die Modellierung des Sekundärrohstoffgehalts in der Dose ist eine ergebnisrelevante Entscheidung. Sie sollte daher gut begründet werden.

### 5.3.11 Ergebnisse der 1,0 l PET MW Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 11)

Hier werden die Ergebnisse der 1,0 l PET MW Flasche für karbonisierte Getränke ausgewertet. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert und ausgewertet.

**Tabelle 135: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 11)**

LFD 11: 1,0 l PET MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	11B_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11B_SQ-30_1,0l-PETMW	11B_30-30_1,0l-PETMW	11B_30-45_1,0l-PETMW	11B_45-45_1,0l-PETMW
Herstellung Primärverpackung	25,54%	17,09%	11,44%	0,50%	0,26%
Herstellung Verschluss, Etikett	26,72%	18,00%	17,42%	0,78%	0,66%
Herstellung Um- und Transportverpackung	3,42%	1,58%	1,23%	0,07%	0,07%
Abfüllung	59,23%	38,93%	13,45%	1,18%	0,50%
Distribution	12,64%	9,84%	8,09%	0,18%	0,16%
Recycling/Entsorgung	33,74%	29,44%	25,74%	0,07%	0,07%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-17,10%	-4,82%	-4,29%	-0,26%	-0,23%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-11,97%	-10,05%	-7,67%	-0,30%	-0,21%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>132,22%</b>	<b>100,00%</b>	<b>65,40%</b>	<b>2,23%</b>	<b>1,29%</b>

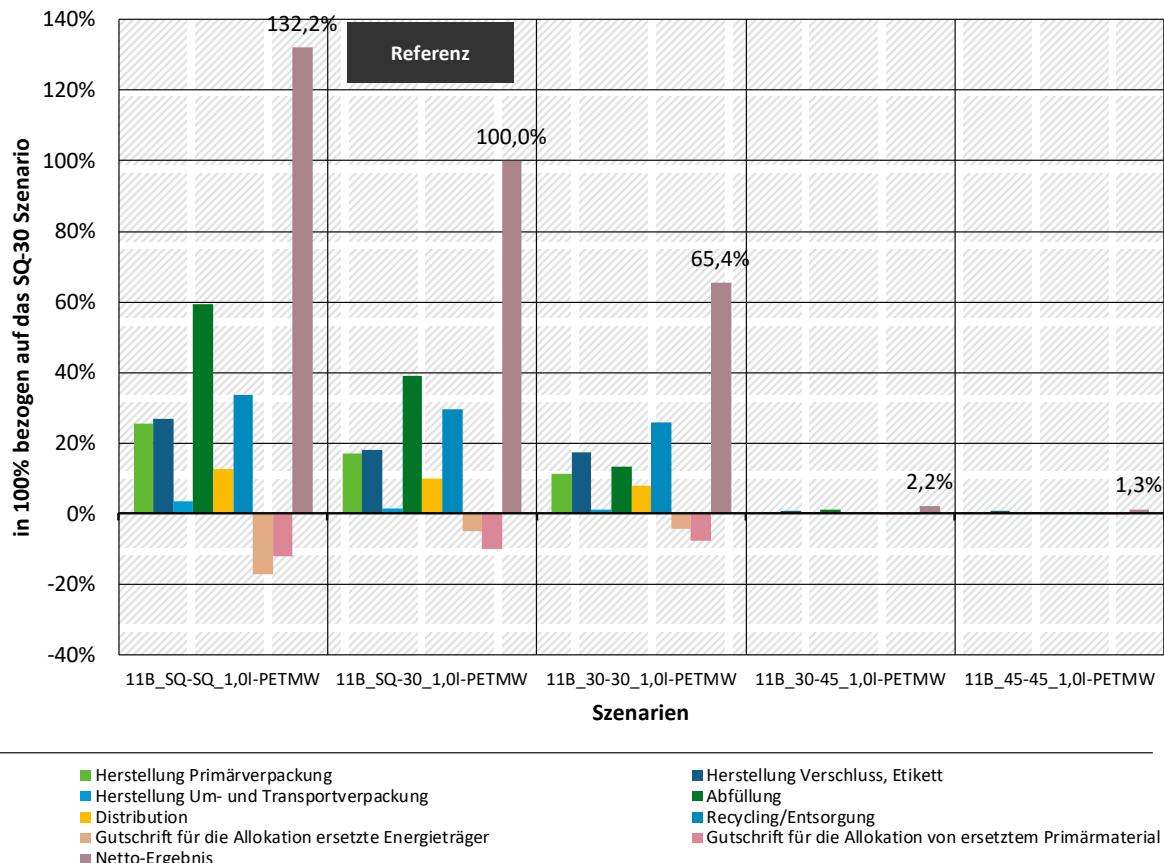
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 84: Sektorale Auswertung (LFD 11)**

LFD 11: 1,0 l PET MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- ▶ Abfüllung – bestimmt durch die Energieaufwendungen (elektrisch und thermisch).
- ▶ Verwertung der Packmittel – bestimmt durch die Masse an Packmitteln pro funktioneller Einheit sowie die Aufteilung zwischen werkstofflicher und energetischer Verwertung.
- ▶ Herstellung der Packmittel – bestimmt durch die Gewichte der Einwegkomponenten und die Umlaufzahl der Mehrwegpackmittel.

Im Jahr 2030 bleibt die Herstellung der Primärverpackungskomponenten sowie die Verwertung der Packmittel als ergebnisbestimmende Lebenswegabschnitte bestehen:

- ▶ Gewichtsreduzierungen, die Erhöhung des Sekundärmaterials im Flaschenkörper auf 40% sowie die Erhöhung der Umlaufzahl auf 21 ab 2030 vermindern den Beitrag der Packmittelherstellung.
- ▶ Die Abfüllung verliert unter den in 2030 vorliegenden Rahmenbedingungen an Bedeutung. Die Umstellung der fossilen Energieträger auf Strom aus erneuerbaren Quellen sowie zusätzliche Verbrauchseinsparungen sind hierbei maßgeblich für das große Optimierungspotenzial in 2030.

Ab 2045 reduzieren sich die THG-Emissionen über den gesamten Lebensweg betrachtet insgesamt auf ein niedriges Niveau:

- Die Anpassung der Verpackungsspezifikationen auf den für das Jahr 2045 angenommenen Stand minimiert insbesondere nochmal die Beiträge aus der Flaschenherstellung. Ebenso erfährt die Abfüllung unter den Rahmenbedingungen für 2045 weitere Einsparungen.
- Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte für den Betrachtungszeitraum 2045 sind die Herstellung der Verschlüsse und Etiketten sowie die Abfüllung.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 136: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 11)**

LFD 11: 1,0 l PET MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	11B_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11B_SQ-30_1,0l-PETMW	11B_30-30_1,0l-PETMW	11B_30-45_1,0l-PETMW	11B_45-45_1,0l-PETMW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	167%	100%	75%	61%	40%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	132%	100%	65%	0%	0%
Naturfernepotenzial NFP	24%	100%	97%	244%	187%
Wasserverbrauch	118%	100%	73%	72%	34%
Klimawandel total	133%	100%	64%	-1%	-2%
Klimawandel fossil	132%	100%	65%	2%	1%
Versauerung	131%	100%	80%	42%	29%
Sommersmog	141%	100%	67%	22%	15%
Stratosphärischer Ozonabbau	113%	100%	78%	60%	35%
aquatische Eutrophierung	575%	100%	80%	78%	44%
terrestrische Eutrophierung	139%	100%	69%	25%	17%

Wirkungskategorie	11B_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11B_SQ-30_1,0l-PETMW	11B_30-30_1,0l-PETMW	11B_30-45_1,0l-PETMW	11B_45-45_1,0l-PETMW
Krebsrisikopotenzial (CRP)	12%	100%	100%	79%	52%
Feinstaub PM2,5	134%	100%	75%	34%	23%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil zeigt über den gesamten Lebensweg betrachtet bis 2030 eine Minderung um 35 % und bis 2045 eine Reduktion der THG-Emissionen um 99 %.
- ▶ Für die restlichen luftschadstoffgetriebenen Wirkungskategorien ergeben sich bis zum Jahr 2030 bezogen auf das Referenzjahr SQ-30 mögliche Minderungen zwischen 20 % und 33 % und bis 2045 mögliche Minderungen von 56 % bis zu 85 %. Ausgenommen ist hierbei die Wirkungskategorie Krebsrisikopotenzial (CRP), welche nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.
- ▶ Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die bis 2030 zu erzielenden Minderungen zwischen 25 % und 35 %. Bis 2045 können sich in den Ergebnissen Minderungen zwischen 60 % und bis 100 % gegenüber dem Referenzszenario ergeben. Ausgenommen ist hierbei die Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP, welche nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.

### 5.3.11.2 Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 11)

Hier werden die Ergebnisse der Varianten bezüglich der Umlaufzahl und der Transportdistanzen der 1,0 l PET Mehrwegflasche dokumentiert.

**Tabelle 137: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 11) – inklusive Varianten**

LFD 11: 1,0 l PET MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungs-kategorie	11B_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_ULZ+20%_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_ULZ-20%_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_T+25%_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_T-25%_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_min-SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_max-SQ-SQ_1,0l-PETMW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	100%	98%	104%	101%	99%	97%	104%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	100%	97%	105%	102%	98%	95%	107%
Naturfernepotenzial NFP	100%	99%	102%	102%	98%	97%	104%

Wirkungs-kategorie	11B_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_ULZ+20%_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_ULZ-20%_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_T+25%_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_T-25%_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_min_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_max_SQ-SQ_1,0l-PETMW
Wasserverbrauch	100%	98%	102%	100%	100%	98%	102%
Klimawandel total	100%	97%	105%	102%	98%	94%	108%
Klimawandel fossil	100%	97%	105%	102%	98%	94%	107%
Versauerung	100%	96%	106%	103%	97%	93%	109%
Sommersmog	100%	97%	105%	103%	97%	93%	108%
Stratosphärischer Ozonabbau	100%	89%	116%	102%	98%	87%	119%
aquatische Eutrophierung	100%	97%	104%	100%	100%	97%	104%
terrestrische Eutrophierung	100%	97%	105%	103%	97%	93%	109%
Krebsrisiko-potenzial (CRP)	100%	97%	105%	103%	97%	94%	108%
Feinstaub PM2,5	100%	96%	106%	103%	97%	94%	108%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

Die Betrachtung der Varianten zeigt, dass sowohl eine Erhöhung der Umlaufzahlen als auch eine Verkürzung der Transportentfernung zu geringeren Nettoergebnissen führen. Es fällt auf, dass die Variation eines der beiden Parameter (Umlaufzahl oder Transport) die Ergebnisse im Vergleich zum Basisszenario nicht signifikant verändert. Vergleicht man jedoch die Kombination mit den günstigsten Annahmen (11V\_min\_SQ-SQ\_1,0l-PETMW) mit der Kombination mit den ungünstigsten Annahmen (11V\_max\_SQ-SQ\_1,0l-PETMW), so zeigen sich deutliche Ergebnisunterschiede (ca. 15% im Durchschnitt über alle Wirkungskategorien). Generell hat die Umlaufzahl im Vergleich zur Transportentfernung einen größeren Einfluss auf das Gesamtergebnis der PET Mehrwegflasche.

### 5.3.11.3 Zwischenfazit (LFD 11)

Für die 1,0 l PET Mehrwegflasche für karbonisierte Getränke (LFD 11) lassen sich folgende Aussagen hinsichtlich der Optimierungspotenziale zusammenfassen:

- Die Herstellung und Verwertung der Primärverpackungskomponenten sowie die Abfüllung sind entscheidenden Lebenswegabschnitte für das Verpackungssystem. Die Umstellung auf erneuerbare Energieträger im Jahr 2030 ist daher eine wichtige Stellschraube für die Entwicklung des Ökobilanzprofils der Glas Mehrwegflasche. Weitere aber weniger stark wirkende Stellschrauben liegen in der weiteren Materialreduktion von Verschluss und Etikett sowie dem erhöhten Einsatz von Sekundärmaterial sowohl in Verschluss und Etikett

als auch im Primärkörper des Verpackungssystems. Auch kürzere Transportdistanzen und die Umstellung auf E-LKW in der Distribution können das Ökobilanzprofil verbessern.

- ▶ Die Umstellung der fossilen Energieträger in der Abfüllung auf Strom aus erneuerbaren Quellen ist eine wesentliche Stellschraube für die Entwicklung des ökobilanziellen Profils der PET Mehrwegflasche.
- ▶ Über alle Wirkungskategorien hinweg betrachtet weisen die veränderten externen Rahmenbedingungen in den prospektiven Betrachtungszeiträumen ein tendenziell größeres Optimierungspotenzial auf als die internen Anpassungen an dem Verpackungssystem selbst.
- ▶ Für die Mehrzahl der bewerteten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich bei den Wirkungskategorien Naturfremdheitspotenzial NFP und Krebsrisikopotenzial (CRP) ist dies nicht der Fall.
- ▶ Die Variation der Umlaufzahl bzw. der Transportdistanzen bestätigt, dass das größte Optimierungspotenzial weniger in der Varianz der Verpackungsspezifikationen als vielmehr in den veränderten Rahmenbedingungen liegt.

### 5.3.12 Ergebnisse der 0,75 l Glas MW Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 12)

#### 5.3.12.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 12)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 138: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 12)**

LFD 12: 0,75 l Glas MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	12B_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12B_SQ-30_0,75l-GlasMW	12B_30-30_0,75l-GlasMW	12B_30-45_0,75l-GlasMW	12B_45-45_0,75l-GlasMW
Herstellung Primärverpackung	28,85%	18,52%	15,38%	0,30%	0,28%
Herstellung Verschluss, Etikett	33,83%	19,77%	19,19%	2,52%	2,43%
Herstellung Um- und Transportverpackung	2,51%	0,96%	0,87%	0,32%	0,29%
Abfüllung	50,03%	40,09%	12,07%	1,15%	0,66%
Distribution	25,38%	18,85%	16,64%	0,31%	0,28%
Recycling/Entsorgung	13,51%	12,08%	11,43%	0,09%	0,08%

Prozessschritt	12B_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12B_SQ-30_0,75l-GlasMW	12B_30-30_0,75l-GlasMW	12B_30-45_0,75l-GlasMW	12B_45-45_0,75l-GlasMW
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-8,24%	-2,39%	-2,32%	-0,14%	-0,14%
Gutschrift für die Allokation von ersetzen Primärmaterial	-13,16%	-7,87%	-7,66%	-0,21%	-0,20%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>132,69%</b>	<b>100,00%</b>	<b>65,60%</b>	<b>4,34%</b>	<b>3,69%</b>

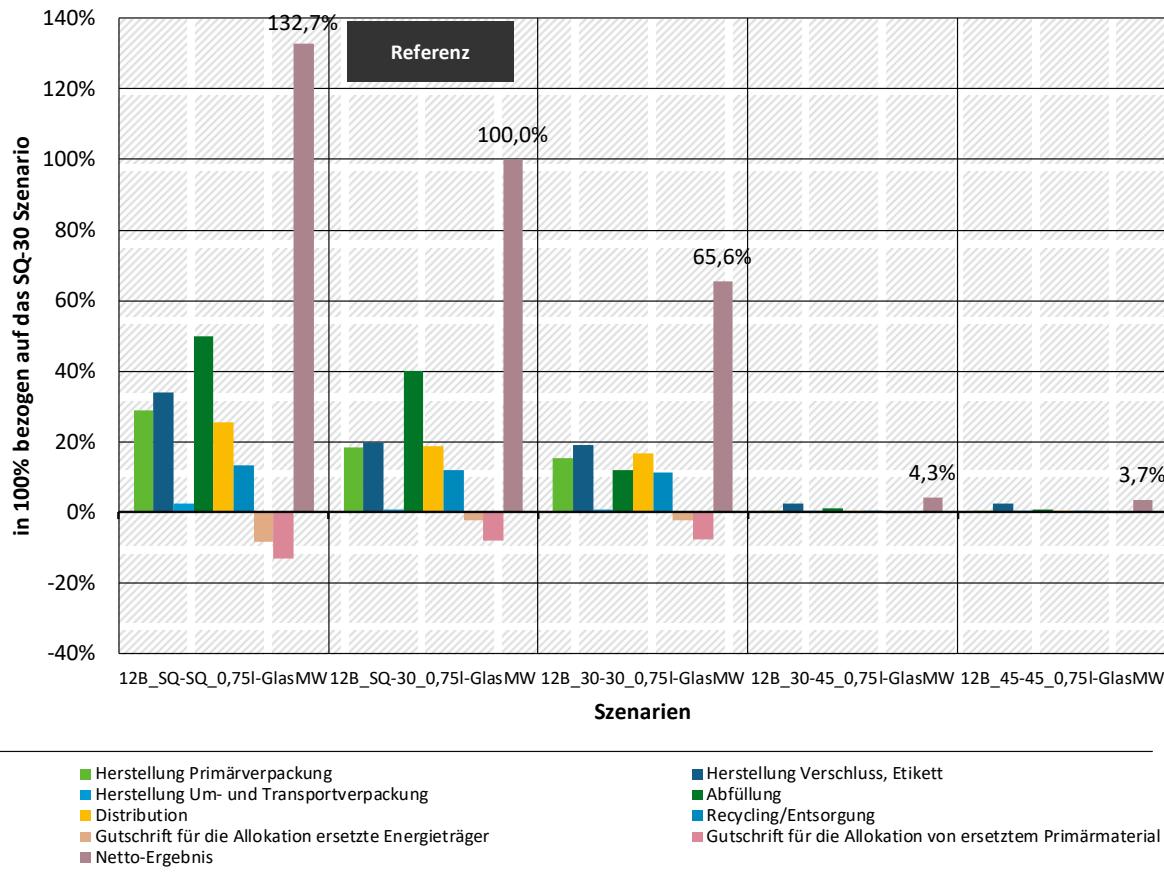
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 85: Sektorale Auswertung (LFD 12)**

LFD 12: 0,75 l Glas MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

realtive Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- Abfüllung – bestimmt durch die Energieaufwendungen (elektrisch und thermisch).
- Herstellung der Packmittel – bestimmt durch die Gewichte der Einwegkomponenten und die Umlaufzahl der Mehrwegpackmittel.

- Distribution – bestimmt durch die Packmittelgewichte und die Distributionsentfernung.

Im Jahr 2030 bleiben die Distribution sowie die Herstellung der Packmittel als ergebnisbestimmende Lebenswegabschnitte bestehen:

- Für diese beiden Lebenswegabschnitte liegen die größten Einsparungen zwischen den Szenarien SQ-SQ und SQ-30. Daraus lässt sich ableiten, dass die externen Rahmenbedingungen für diese Lebenswegabschnitte ein größeres Optimierungspotenzial aufweisen als die Anpassung der Verpackungsspezifikationen an den für das Jahr 2030 erwarteten Stand.
- Dennoch wird der Beitrag der Herstellung der Primärverpackung durch Gewichtsreduktion, Erhöhung des Sekundärmaterialanteils am Flaschenkörper und Erhöhung der Umlaufzahl von 38 auf 43 reduziert.
- Die Abfüllung erfährt hingegen erst im symmetrischen 30-30 Szenario das größte Optimierungspotenzial. Grund hierfür ist, dass der ökobilanzielle Beitrag des Abfüllprozesses der Glas Mehrwegflasche vor allem durch den thermischen Energieeinsatz bestimmt wird. Erst die Umstellung der thermischen Energieträger auf Strom im symmetrischen 30-30 Szenario führt zu maßgeblichen Einsparungen im Abfüllprozess.

Ab 2045 reduzieren sich die THG-Emissionen insgesamt auf ein niedriges Niveau:

- Der Einfluss der externen Optimierungen ist dabei maßgeblich für das große Einsparungspotenzial ab 2045. Dies kommt insbesondere noch mal der Abfüllung zugute.
- Weitere Optimierungen an den Verpackungsspezifikationen auf den für das Jahr 2045 erwartbaren Stand bewirken nur noch kleine Einsparungen.
- Die Herstellung der Verschlüsse und Etiketten gewinnt nun an Bedeutung und stellt den ergebnisbestimmenden Schritt dar.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 139: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 12)**

LFD 12: 0,75 l Glas MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	12B_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12B_SQ-30_0,75l-GlasMW	12B_30-30_0,75l-GlasMW	12B_30-45_0,75l-GlasMW	12B_45-45_0,75l-GlasMW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	108%	100%	81%	72%	63%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	125%	100%	64%	1%	1%
Naturfernpotenzial NFP	7%	100%	99%	127%	120%

Wirkungskategorie	12B_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12B_SQ-30_0,75l-GlasMW	12B_30-30_0,75l-GlasMW	12B_30-45_0,75l-GlasMW	12B_45-45_0,75l-GlasMW
Wasserverbrauch	107%	100%	77%	76%	75%
Klimawandel total	135%	100%	63%	-2%	-3%
Klimawandel fossil	133%	100%	66%	4%	4%
Versauerung	130%	100%	84%	48%	42%
Sommersmog	143%	100%	71%	40%	36%
Stratosphärischer Ozonabbau	127%	100%	96%	53%	40%
aquatische Eutrophierung	102%	100%	90%	87%	83%
terrestrische Eutrophierung	135%	100%	74%	45%	40%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	6%	100%	110%	134%	124%
Feinstaub PM2,5	137%	100%	78%	44%	39%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg eine Reduktion der THG-Emissionen um 34 % bis 2030 und um 96 % bis 2045.
- Für die übrigen luftschadstoffgetriebenen Wirkungskategorien ergeben sich bis 2030 Minderungspotenziale zwischen 4 % und 29 % und bis 2045 Minderungspotenziale zwischen 17 % und 64 % bezogen auf das Basisjahr SQ-30. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie Krebsrisikopotenzial (CRP), die nicht dem überwiegend beobachteten abnehmenden Trend der Ergebnisentwicklung folgt.
- Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die bis 2030 zu erzielenden Reduktionen zwischen 19 % und 36 %. Bis 2045 können Minderungen zwischen 25 % und bis zu 99 % gegenüber dem Referenzszenario erreicht werden. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP, die nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.

### 5.3.12.2 Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 12)

Hier werden die Nettoergebnisse der Varianten zur Umlaufzahl und Transportentfernung für alle Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 140: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 12) – inklusive Varianten**

LFD 12: 0,75 l Glas MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	12B_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12V_ULZ+20%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12V_ULZ-20%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12V_T+25%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12V_T-25%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12V_min_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12V_max_SQ-SQ_0,75l-GlasMW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	100%	95%	108%	103%	97%	92%	110%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	100%	97%	104%	104%	96%	93%	108%
Naturfernpotenzial NFP	100%	99%	101%	100%	100%	99%	101%
Wasserverbrauch	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Klimawandel total	100%	97%	105%	105%	95%	92%	110%
Klimawandel fossil	100%	97%	105%	105%	95%	92%	110%
Versauerung	100%	94%	109%	104%	96%	90%	113%
Sommersmog	100%	95%	107%	105%	95%	90%	112%
Stratosphärischer Ozonabbau	100%	95%	107%	107%	93%	88%	114%
aquatische Eutrophierung	100%	98%	103%	100%	100%	98%	103%
terrestrische Eutrophierung	100%	95%	107%	105%	95%	90%	112%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	100%	98%	104%	108%	92%	89%	112%
Feinstaub PM2,5	100%	95%	108%	104%	96%	90%	113%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

Die Betrachtung der Varianten zeigt, dass sowohl eine Erhöhung der Umlaufzahlen als auch eine Verkürzung der Transportentfernungen zu geringeren Nettoergebnissen führen. Es fällt auf, dass die Variation eines der beiden Parameter (Umlaufzahl oder Transport) die Ergebnisse im Vergleich zum Basisszenario nicht signifikant verändert. Vergleicht man jedoch die Kombination der günstigsten Annahmen (12V\_min\_SQ-SQ\_0,75l-GlasMW) mit der Kombination der

ungünstigsten Annahmen (12V\_max\_SQ-SQ\_0,75l-GlasMW), so zeigen sich deutliche Ergebnisunterschiede (ca. 20% im Mittel über alle Wirkungskategorien).

### **5.3.12.3 Zwischenfazit (LFD 12)**

Für die 0,75 l Glas Mehrwegflasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 12) lassen sich folgende Aussagen hinsichtlich der Optimierungspotenziale zusammenfassen:

- ▶ Das Ökobilanzprofil des Verpackungssystems wird im Wesentlichen durch die Beiträge aus der Packstoffherstellung und der Abfüllung bestimmt. Die Umstellung auf erneuerbare Energieträger im Jahr 2030 ist daher eine wichtige Stellschraube für die Entwicklung des Ökobilanzprofils der Glas Mehrwegflasche. Weitere aber weniger stark wirkende Stellschrauben liegen in der weiteren Materialreduktion von Verschluss und Etikett sowie dem erhöhten Einsatz von Sekundärmaterial sowohl in Verschluss und Etikett als auch im Primärkörper des Verpackungssystems. Auch kürzere Transportdistanzen, die Umstellung auf E-LKW in der Distribution sowie die Erhöhung der durchschnittlich erreichten Umläufe kann das Ökobilanzprofil verbessern.
- ▶ Über alle Wirkungskategorien hinweg weisen interne Anpassungen des Verpackungssystems (Gewichtsreduktion, Erhöhung Rezyklatanteil) bis 2030 ein ähnliches Optimierungspotenzial auf wie die Veränderung der externen Rahmenbedingungen bis 2030.
- ▶ Hingegen weisen die Veränderungen der externen Rahmenbedingungen bis 2045 ein deutlich höheres Optimierungspotenzial auf als die internen Anpassungen des Verpackungssystems an den für 2045 angenommenen Zustand.
- ▶ Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich für die Wirkungskategorien Naturfremdheitspotenzial NFP und Krebsrisikopotenzial (CRP) ist dies nicht der Fall.
- ▶ Die Variation der Umlaufzahlen bzw. Transportentfernungen zeigt, dass das größte Optimierungspotenzial weniger in der Varianz der Verpackungsspezifikationen als vielmehr in den veränderten Rahmenbedingungen liegt.

### **5.3.13 Ergebnisse der 0,7 l Glas MW Pool Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 13)**

#### **5.3.13.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 13)**

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 141: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	13B_SQ-SQ_0,7l-GlasMWP	13B_SQ-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-45_0,7l-GlasMWP	13B_45-45_0,7l-GlasMWP
Herstellung Primärverpackung	25,47%	16,35%	14,41%	0,28%	0,26%
Herstellung Verschluss, Etikett	36,83%	21,25%	20,93%	2,88%	2,65%
Herstellung Um- und Transportverpackung	2,39%	0,92%	0,88%	0,32%	0,31%
Abfüllung	50,35%	40,09%	12,11%	1,15%	0,66%
Distribution	25,70%	19,44%	16,67%	0,31%	0,28%
Recycling/Entsorgung	13,79%	12,41%	11,92%	0,09%	0,08%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-9,00%	-2,62%	-2,55%	-0,15%	-0,15%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-12,90%	-7,85%	-7,87%	-0,22%	-0,22%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>132,63%</b>	<b>100,00%</b>	<b>66,49%</b>	<b>4,66%</b>	<b>3,87%</b>

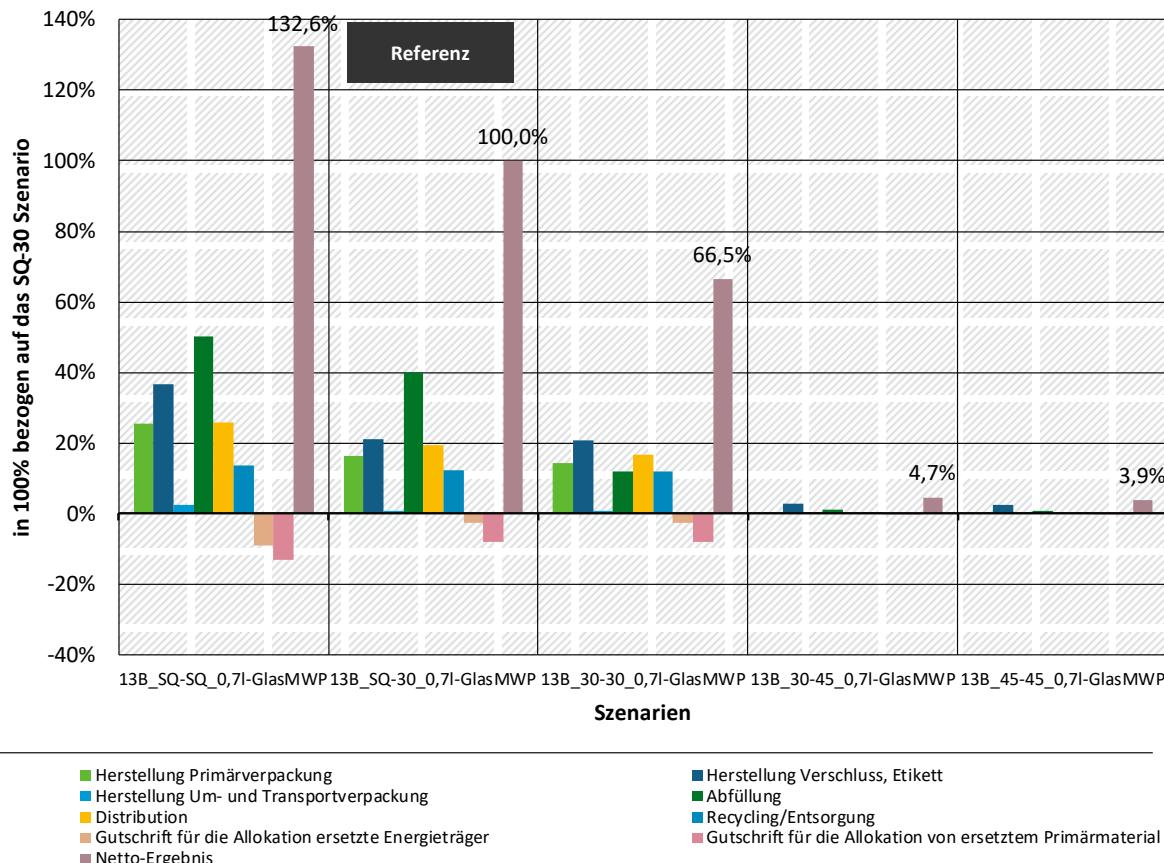
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 86: Sektorale Auswertung (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- Abfüllung – bestimmt durch die Energieaufwendungen (elektrisch und thermisch).
- Distribution – bestimmt durch die Packmittelgewichte und die Distributionsentfernungen.
- Herstellung der Packmittel – bestimmt durch die Gewichte der Einwegkomponenten und die Umlaufzahl der Mehrwegpackmittel.

Auch für die poolgebundene 0,7 l Glas Mehrwegflasche sind wie auch für die 0,75 l Glas Mehrwegflasche im selben Getränkesegment die Beiträge der Abfüllung sowie die Herstellung der Packmittel und die Distribution die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo. Folgende Unterschiede lassen sich jedoch für die kleinformatigere 0,7 l Glas Mehrwegflasche erkennen:

- Die absoluten THG-Emissionen aus der Herstellung der Primärverpackung sind für die 0,7 l Glasmehrwegflasche niedriger. Hier gleicht die höhere Umlaufzahl das geringere Füllvolumen aus.

- Die Beiträge aus der Herstellung der Verschlüsse und Etiketten sind für die 0,7 l Glas Mehrwegflasche höher – da für die Bereitstellung der gleiche Menge Füllgut mehr Material benötigt wird.
- Die Beiträge der restlichen Lebenswegabschnitte werden durch den Unterschied im Füllvolumen sowie in der Umlaufzahl kaum beeinflusst und weisen nur minimale Abweichungen auf.

Generell folgt die prospektive Entwicklung der 0,7 l Glas Mehrwegflasche dem Muster der 0,75 l Glas Mehrwegflasche (LFD 12) im selben Getränkesegment.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 142: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungs-kategorie	13B_SQ-SQ_0,7l-GlasMWP	13B_SQ-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-45_0,7l-GlasMWP	13B_45-45_0,7l-GlasMWP
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	107%	100%	84%	75%	65%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	126%	100%	65%	1%	1%
Naturfernenpotenzial NFP	7%	100%	100%	125%	115%
Wasserverbrauch	106%	100%	78%	77%	75%
Klimawandel total	135%	100%	64%	-3%	-4%
Klimawandel fossil	133%	100%	66%	5%	4%
Versauerung	129%	100%	86%	50%	43%
Sommersmog	143%	100%	73%	42%	37%
Stratosphärischer Ozonabbau	121%	100%	97%	55%	41%
aquatische Eutrophierung	100%	100%	92%	89%	83%

Wirkungskategorie	13B_SQ-SQ_0,7l-GlasMWP	13B_SQ-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-45_0,7l-GlasMWP	13B_45-45_0,7l-GlasMWP
terrestrische Eutrophierung	134%	100%	76%	47%	41%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	6%	100%	112%	139%	122%
Feinstaub PM2,5	136%	100%	80%	45%	40%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg betrachtet bis 2030 eine Minderung um 34 % und bis 2045 eine Reduktion der THG-Emissionen um 96 %.
- ▶ Für die restlichen luftschadstoffgetriebenen Wirkungskategorien ergeben sich bis zum Jahr 2030 bezogen auf das Referenzjahr SQ-30 mögliche Minderungen zwischen 3 % und 27 % und bis 2045 mögliche Minderungen von 17 % bis zu 63 %. Ausgenommen ist hierbei die Wirkungskategorie Krebsrisikopotenzial (CRP), welche nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.
- ▶ Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die bis 2030 zu erzielenden Minderungen zwischen 16 % und 35 %. Bis 2045 können sich in den Ergebnissen Minderungen zwischen 35 % und bis 99 % gegenüber dem Referenzszenario ergeben. Ausgenommen ist hierbei die Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP, welche nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.

### 5.3.13.2 Zwischenfazit (LFD 13)

Für die poolgebundene 0,7 l Glas Mehrwegflasche für karbonisierte Getränke (LFD 13) lassen sich folgende Aussagen hinsichtlich der Optimierungspotenziale zusammenfassen:

- ▶ Das Ökobilanzprofil des Verpackungssystems wird im Wesentlichen durch die Beiträge aus der Packstoffherstellung und der Abfüllung bestimmt. Die Umstellung auf erneuerbare Energieträger im Jahr 2030 ist daher eine wichtige Stellschraube für die Entwicklung des Ökobilanzprofils der Glas Mehrwegflasche. Weitere aber weniger stark wirkende Stellschrauben liegen in der weiteren Materialreduktion von Verschluss und Etikett sowie dem erhöhten Einsatz von Sekundärmaterial sowohl in Verschluss und Etikett als auch im Primärkörper des Verpackungssystems. Auch kürzere Transportdistanzen und die Umstellung auf E-LKW in der Distribution kann das Ökobilanzprofil verbessern.
- ▶ Über alle Wirkungskategorien hinweg weisen interne Anpassungen des Verpackungssystems (Gewichtsreduktion, Erhöhung Rezyklatanteil) bis 2030 ein ähnliches Optimierungspotenzial auf wie die Veränderung der externen Rahmenbedingungen bis 2030.
- ▶ Hingegen weisen die Veränderungen der externen Rahmenbedingungen bis 2045 ein deutlich höheres Optimierungspotenzial auf als die internen Anpassungen des Verpackungssystems an den für 2045 angenommenen Zustand.

- Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich bei den Wirkungskategorien Naturfremdstoffpotenzial NFP und Krebsrisikopotenzial (CRP) ist dies nicht der Fall.

### 5.3.14 Ergebnisse der 0,5 l Glas MW Individual Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 14)

#### 5.3.14.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 14)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 143: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 14)**

LFD 14: 0,5 l Glas MW Individual Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	14B_SQ-SQ_0,5l-GlasMWI	14B_SQ-30_0,5l-GlasMWI	14B_30-30_0,5l-GlasMWI	14B_30-45_0,5l-GlasMWI	14B_45-45_0,5l-GlasMWI
Herstellung Primärverpackung	54,37%	37,22%	20,10%	0,39%	0,31%
Herstellung Verschluss, Etikett	30,47%	18,21%	17,92%	2,16%	2,02%
Herstellung Um- und Transportverpackung	1,81%	0,68%	0,62%	0,23%	0,20%
Abfüllung	36,86%	28,40%	8,72%	0,83%	0,47%
Distribution	19,89%	14,34%	12,69%	0,23%	0,21%
Recycling/Entsortung	14,52%	12,96%	11,21%	0,10%	0,08%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-7,01%	-2,03%	-1,97%	-0,12%	-0,12%
Gutschrift für die Allokation von ersetzt Primärmaterial	-15,81%	-9,78%	-8,13%	-0,21%	-0,21%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>135,10%</b>	<b>100,00%</b>	<b>61,15%</b>	<b>3,62%</b>	<b>2,97%</b>

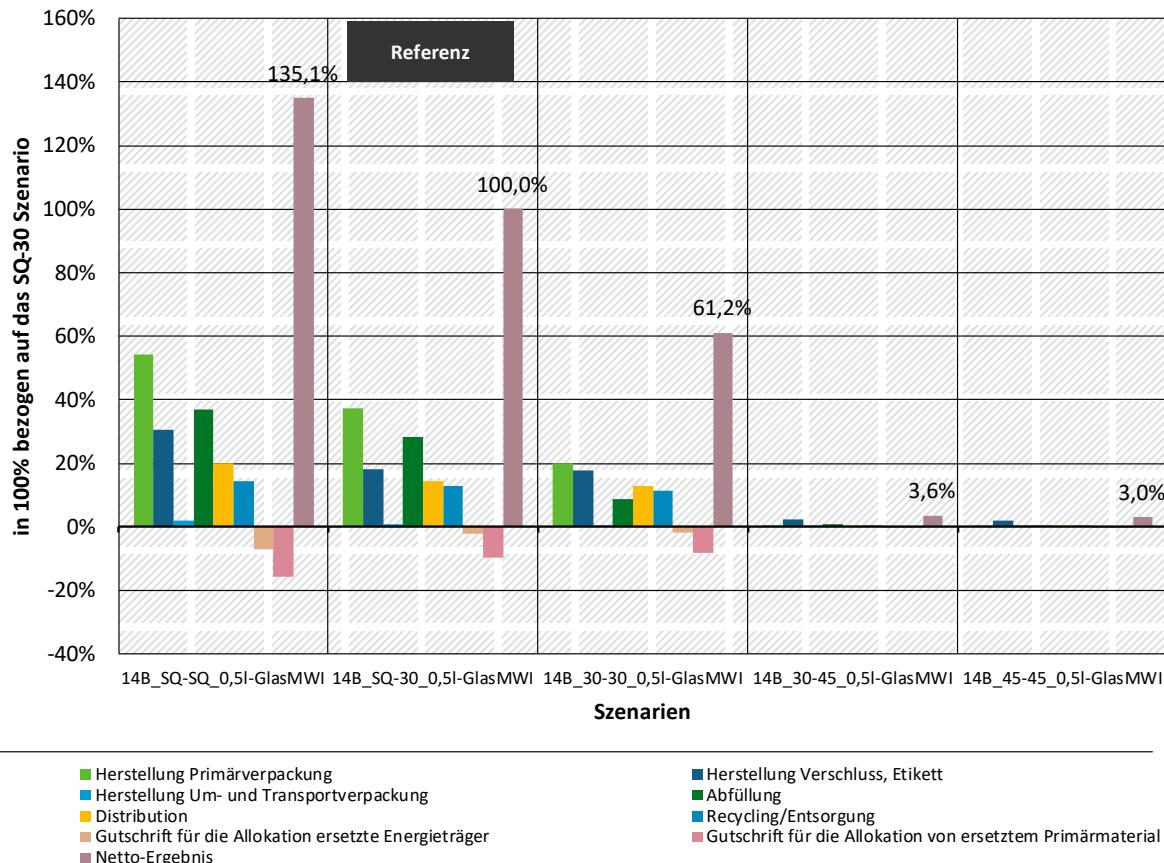
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 87: Sektorale Auswertung (LFD 14)**

LFD 14: 0,5 l Glas MW Individual Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- ▶ Abfüllung – bestimmt durch die Energieaufwendungen (elektrisch und thermisch).
- ▶ Distribution – bestimmt durch die Packmittelgewichte und die Distributionsentfernung.
- ▶ Herstellung der Packmittel – bestimmt durch die Gewichte der Einwegkomponenten und die Umlaufzahl der Mehrwegpackmittel.

Das kleinformative Individualgebinde weist im Vergleich zu den bisherigen Glas Mehrwegflaschen im gleichen Getränkesegment (LFD 12 und LFD 13) deutlich höhere THG-Beiträge für die Herstellung und das Recycling der Primärverpackungskomponenten auf. Die geringere Umlaufzahl sowie das geringere Füllvolumen erfordern einen höheren Materialeinsatz zur Erfüllung der Funktionseinheit. Bei der 0,5 l Glas Mehrwegflasche liegen die Beiträge der Behältergasherstellung deutlich über den Beiträgen der Verschluss- und Etikettenherstellung.

Die Beiträge der Abfüllung und der Distribution sind ebenfalls höher, was zum einen auf die oben genannten Gründe zurückzuführen ist, zum anderen im Falle der Distribution auch auf die Transportentfernung des Individualgebindes.

In Summe führt dies über den gesamten Lebensweg betrachtet zu deutlich höheren Ergebnissen.

- Für die prospektive Entwicklung bis 2030 bleiben die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte die Herstellung der Primärverpackungskomponenten. Dabei gleichen sich die Beiträge der Behälterglas-Herstellung den Beiträgen der Herstellung der Verschlüsse und Etiketten an. Die Beiträge aus der Abfüllung erfahren ein deutliches Optimierungspotenzial.
- Durch weitere Optimierungen (vor allem durch die Veränderung der Rahmenbedingungen in 2045) vermindern sich die Beiträge aus der Behälterglasherstellung so stark, dass für 2045 die Herstellung der Verschlüsse und Etiketten sowie die Abfüllung die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte darstellen.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 144: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 14)**

LFD 14: 0,5 l Glas MW Individual Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	14B_SQ-SQ_0,5l-GlasMWI	14B_SQ-30_0,5l-GlasMWI	14B_30-30_0,5l-GlasMWI	14B_30-45_0,5l-GlasMWI	14B_45-45_0,5l-GlasMWI
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	93%	100%	63%	53%	43%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	123%	100%	60%	1%	1%
Naturfernpotenzial NFP	6%	100%	81%	105%	94%
Wasserverbrauch	104%	100%	72%	71%	69%
Klimawandel total	137%	100%	60%	0%	-1%
Klimawandel fossil	135%	100%	61%	4%	3%
Versauerung	125%	100%	67%	37%	30%
Sommersmog	139%	100%	60%	35%	29%
Stratosphärischer Ozonabbau	147%	100%	84%	45%	33%
aquatische Eutrophierung	93%	100%	76%	71%	65%
terrestrische Eutrophierung	130%	100%	62%	38%	31%

Wirkungskategorie	14B_SQ-SQ_0,5l-GlasMWI	14B_SQ-30_0,5l-GlasMWI	14B_30-30_0,5l-GlasMWI	14B_30-45_0,5l-GlasMWI	14B_45-45_0,5l-GlasMWI
Krebsrisikopotenzial (CRP)	6%	100%	93%	116%	101%
Feinstaub PM2,5	134%	100%	64%	35%	29%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg eine Reduktion der THG-Emissionen um 39 % bis 2030 und um 97 % bis 2045.
- ▶ Für die übrigen luftschadstoffgetriebenen Wirkungskategorien ergeben sich bis 2030 Minderungspotenziale zwischen 16 % und 40 % und bis 2045 Minderungspotenziale zwischen 35 % und 71 % bezogen auf das Basisjahr SQ-30. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie Krebsrisikopotenzial (CRP), die nicht dem überwiegend beobachteten abnehmenden Trend der Ergebnisentwicklung folgt.
- ▶ Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die bis 2030 zu erzielenden Reduktionen zwischen 28 % und 40 %. Bis 2045 können Minderungen zwischen 31 % und bis zu 99 % gegenüber dem Referenzszenario erreicht werden. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP, die nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.

### 5.3.14.2 Zwischenfazit (LFD 14)

Für das vorliegende Individualgebinde (LFD 14) lassen sich folgende Aussagen hinsichtlich der Optimierungspotenziale zusammenfassen:

- ▶ Das Ökobilanzprofil des Verpackungssystems wird im Wesentlichen durch die Beiträge aus der Packstoffherstellung und der Abfüllung bestimmt sowie durch das geringe Füllvolumen und die geringe Umlaufzahl. Wesentliche Stellschrauben liegen in der weiteren Materialreduktion von Verschluss und Etikett sowie dem erhöhten Einsatz von Sekundärmaterial sowohl in Verschluss und Etikett als auch im Primärkörper des Verpackungssystems. Die Umstellung auf erneuerbare Energieträger im Jahr 2030 ist ebenfalls eine wichtige Stellschraube.
- ▶ Dadurch kommt der Herstellung der Verschlüsse und Etiketten insbesondere in den prospektiven Betrachtungszeiträumen eine ergebnisbestimmende Rolle zu.
- ▶ Aufgrund der Besonderheiten in der Spezifikation der Verpackung (geringe Umlaufzahl, ähnlicher Materialeinsatz bei geringerem Füllvolumen) im Vergleich zu anderen Glas Mehrwegflaschen des gleichen Getränkesegments weisen interne Anpassungen des Verpackungssystems bis 2030 (Gewichtsreduktion, Erhöhung Rezyklatanteil) ein größeres Optimierungspotenzial auf als die Veränderung der externen Rahmenbedingungen bis 2030.
- ▶ Die Veränderung der externen Rahmenbedingungen bis 2045 weist hingegen ein deutlich höheres Optimierungspotenzial auf als die internen Anpassungen des Verpackungssystems an den für 2045 angenommenen Zustand.
- ▶ Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich bei den

Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP und Krebsrisikopotenzial (CRP) ist dies nicht der Fall.

### 5.3.15 Ergebnisse der 0,33 l Glas MW Individual Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 15)

#### 5.3.15.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 15)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 145: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 15)**

LFD 15: 0,33 l Glas MW Individual Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	15B_SQ-SQ_0,33l-GlasMWI	15B_SQ-30_0,33l-GlasMWI	15B_30-30_0,33l-GlasMWI	15B_30-45_0,33l-GlasMWI	15B_45-45_0,33l-GlasMWI
Herstellung Primärverpackung	57,25%	37,53%	17,56%	0,35%	0,27%
Herstellung Verschluss, Etikett	17,34%	8,86%	7,72%	1,02%	1,00%
Herstellung Um- und Transportverpackung	1,95%	0,73%	0,66%	0,25%	0,21%
Abfüllung	47,70%	36,75%	11,29%	1,07%	0,61%
Distribution	18,12%	14,37%	13,04%	0,24%	0,22%
Recycling/ Entsorgung	9,53%	8,02%	5,70%	1,91%	1,96%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-3,09%	-0,90%	-0,85%	-0,05%	-0,05%
Gutschrift für die Allokation von ersetzttem Primärmaterial	-11,29%	-5,36%	-2,95%	-0,08%	-0,06%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>137,51%</b>	<b>100,00%</b>	<b>52,17%</b>	<b>4,71%</b>	<b>4,17%</b>

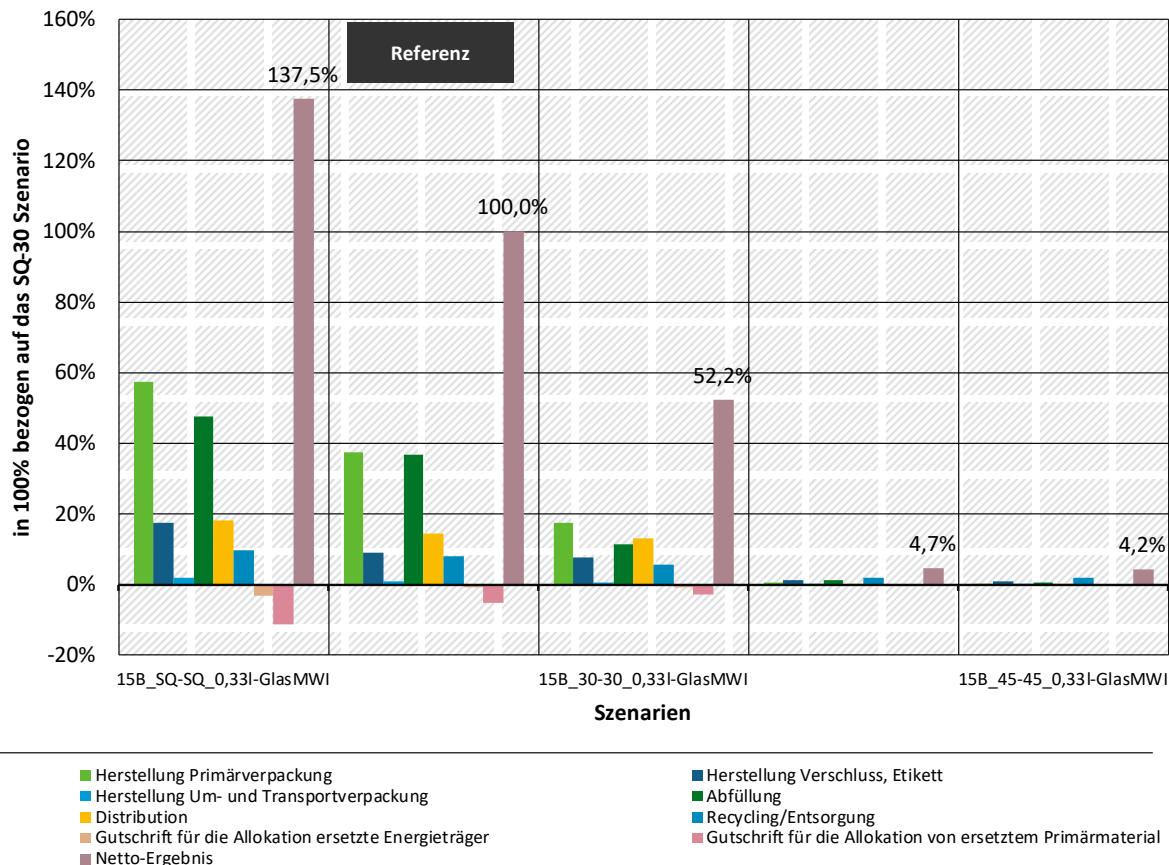
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 88: Sektorale Auswertung (LFD 15)**

LFD 15: 0,33 l Glas MW Individual Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Für die 0,33 l Glas Mehrweg Individualflasche sind die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- Abfüllung – bestimmt durch die Energieaufwendungen (elektrisch und thermisch).
- Herstellung der Primärverpackung – bestimmt durch das Gewicht und die Umlaufzahl der Glasmehrwegflasche.

Die Verwendung eines Verschlusses aus Weißblech reduziert die Beiträge des Lebenswegabschnitts Herstellung Verschluss, Etikett im Vergleich zur 0,5 l Individual-Mehrwegflasche aus Glas im gleichen Getränkesegment.

In der prospektiven Betrachtung bis 2045 reduzieren sich die Beiträge der Behälterglasherstellung so stark, dass der Lebenswegabschnitt Herstellung Verschluss, Etikett zusammen mit der Abfüllung und dem Recycling am Ende des Lebensweges zum ergebnisbestimmenden Schritt wird.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 146: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 15)**

LFD 15: 0,33 l Glas MW Individual Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	15B_SQ-SQ_0,33l-GlasMWI	15B_SQ-30_0,33l-GlasMWI	15B_30-30_0,33l-GlasMWI	15B_30-45_0,33l-GlasMWI	15B_45-45_0,33l-GlasMWI
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	98%	100%	57%	47%	39%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	121%	100%	52%	3%	3%
Naturfernpotenzial NFP	6%	100%	80%	97%	90%
Wasserverbrauch	107%	100%	72%	70%	68%
Klimawandel total	139%	100%	50%	0%	-1%
Klimawandel fossil	138%	100%	52%	5%	4%
Versauerung	126%	100%	60%	33%	28%
Sommersmog	137%	100%	53%	30%	26%
Stratosphärischer Ozonabbau	149%	100%	84%	46%	33%
aquatische Eutrophierung	75%	100%	74%	70%	65%
terrestrische Eutrophierung	125%	100%	56%	35%	29%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	36%	100%	92%	71%	57%
Feinstaub PM2,5	128%	100%	58%	34%	29%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- Die Wirkungskategorie fossiler Klimawandel erreicht über den gesamten Lebensweg eine Reduktion der THG-Emissionen um 48 % bis 2030 und um 96 % bis 2045.
- Für die übrigen luftschadstoffgetriebenen Wirkungskategorien liegen die Minderungspotenziale bis 2030 zwischen 8 % und 47 % und bis 2045 zwischen 35 % und 74 % bezogen auf das Basisjahr SQ-30.
- Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die Minderungen bis 2030 zwischen 28 % und 48 %. Bis 2045 können Minderungen zwischen 32 % und bis zu 97 % gegenüber dem Referenzszenario erreicht werden. Eine Ausnahme bildet die

Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP, die nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.

### 5.3.15.2 Zwischenfazit (LFD 15)

Für das vorliegende Individualgebinde (LFD 15) lassen sich folgende Aussagen hinsichtlich der Optimierungspotenziale zusammenfassen:

- ▶ Das Ökobilanzprofil der 0,33 l Glas Mehrwegflasche wird vor allem durch das geringe Füllvolumen und die geringe Umlaufzahl geprägt. Dadurch spielen insbesondere die Beiträge aus der Behälterglaisherstellung und der Abfüllung eine ergebnisbestimmende Rolle. Wesentliche Stellschrauben liegen in der Materialreduktion sowie dem erhöhten Einsatz von Sekundärmaterial in Primärkörper, Verschluss und Etikett. Auch die Umstellung auf erneuerbare Energieträger im Jahr 2030 ist eine wichtige Stellschraube für die Entwicklung des Ökobilanzprofils
- ▶ Ähnlich wie bei der 0,5 l Individual-Mehrweg-Glasflasche (LFD 14) führen die Eigenschaften der Verpackung (geringe Umlaufzahl, Verhältnis Materialeinsatz zu Füllvolumen) dazu, dass interne Anpassungen (Reduzierung Gewicht und Erhöhung Rezyklatanteil Verschluss, Etikett) des Verpackungssystems bis 2030 ein größeres Optimierungspotenzial aufweisen als die Veränderung der externen Rahmenbedingungen bis 2030.
- ▶ Die Veränderung der externen Rahmenbedingungen bis 2045 weist hingegen ein deutlich höheres Optimierungspotenzial auf als interne Anpassungen des Verpackungssystems an den für 2045 angenommenen Zustand.
- ▶ Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich für die Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP ist dies nicht der Fall.

### 5.3.16 Ergebnisse des 1,0 l Getränkeverbundkartons im Getränkesegment stille Getränke (LFD 16)

#### 5.3.16.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 16)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung des 1,0 l Getränkeverbundkartons für stille Getränke dargestellt. Die Auswertung der Wirkungskategorie Klimawandel erfolgt grafisch und unterteilt nach Lebenswegabschnitten, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 147: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 16)**

LFD 16: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment stille Getränke

Prozessschritt	16B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	16B_SQ-30_1,0l-GVKEW	16B_30-30_1,0l-GVKEW	16B_30-45_1,0l-GVKEW	16B_45-45_1,0l-GVKEW
Herstellung Primärverpackung	105,32%	65,95%	40,46%	2,80%	2,76%
Herstellung Verschluss, Etikett	24,44%	14,06%	12,72%	0,70%	0,58%
Herstellung Um- und Transportverpackung	33,79%	2,78%	2,61%	4,28%	4,06%

<b>Prozessschritt</b>	<b>16B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW</b>	<b>16B_SQ-30_1,0l-GVKEW</b>	<b>16B_30-30_1,0l-GVKEW</b>	<b>16B_30-45_1,0l-GVKEW</b>	<b>16B_45-45_1,0l-GVKEW</b>
Abfüllung	18,66%	4,33%	2,94%	0,25%	0,11%
Distribution	2,48%	1,95%	1,82%	0,03%	0,03%
Recycling/Entsorgung	56,32%	45,29%	40,14%	1,53%	1,54%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-63,81%	-30,62%	-28,47%	-0,93%	-0,91%
Gutschrift für die Allokation von ersetzen Primärmaterial	-6,92%	-3,74%	-4,18%	-0,38%	-0,40%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>170,30%</b>	<b>100,00%</b>	<b>68,03%</b>	<b>8,28%</b>	<b>7,75%</b>

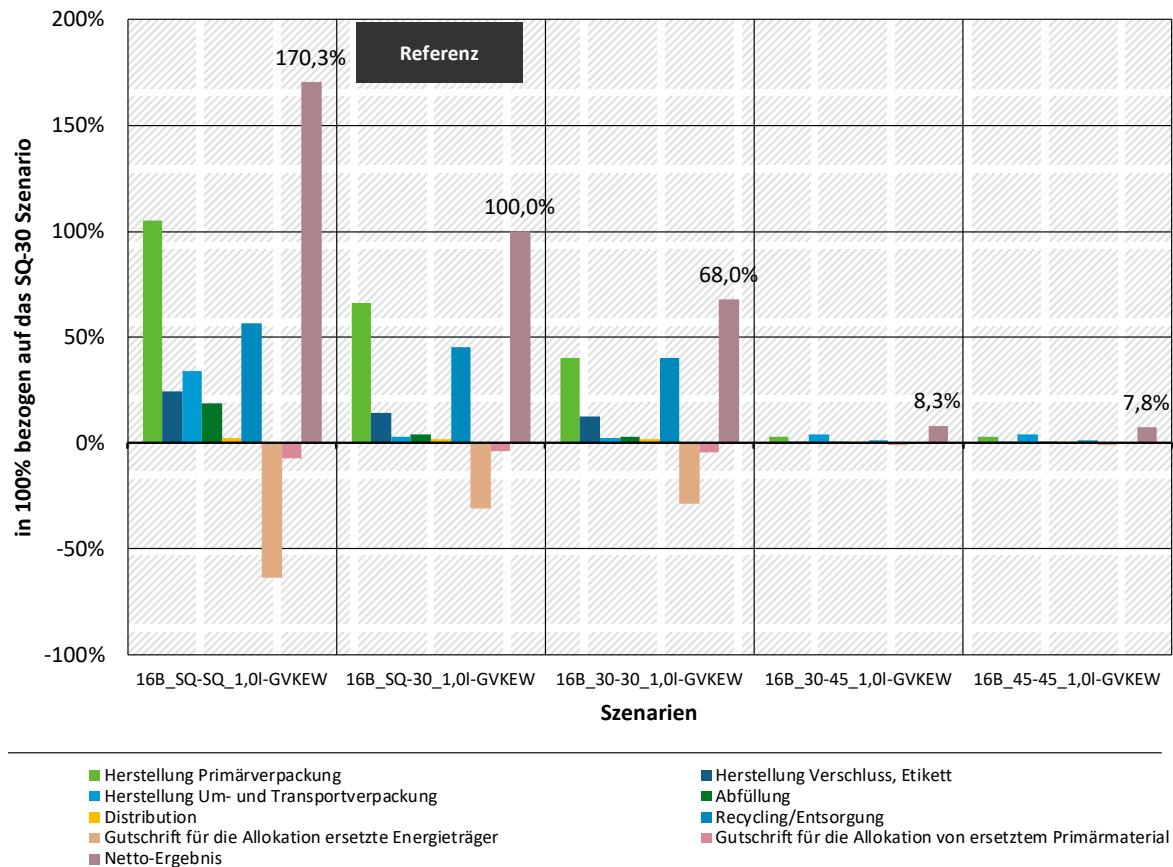
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 89: Sektorale Auswertung (LFD 16)**

LFD 16: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment stille Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- ▶ Herstellung der Primärverpackung: Herstellung der Aluminium- und Kunststofffolien sowie des Rohkartons für den Getränkeverbundkarton - bestimmt durch die Verpackungsgewichte und die Materialzusammensetzung des Verbundes.
- ▶ Verwertung der Packmittel - bestimmt durch die Masse der Packmittel pro Funktionseinheit sowie die Aufteilung in stoffliche und energetische Verwertung.
- ▶ Gutschrift für die Allokation der ersetzen Primärenergieträger - bestimmt durch das Verpackungsgewicht und die Masse der Packmittel in der thermischen Verwertung.

Bis 2030 bleiben die oben benannten Lebenswegabschnitte ergebnisbestimmend:

- ▶ Die Einsparungen bei der Herstellung der Primärverpackung sind vor allem auf den Verzicht der Aluminiumbeschichtung ab 2030 zurückzuführen.
- ▶ Der große Einsparungssprung zwischen SQ und 2030 bei den Um- und Transportverpackungen ist auf die veränderte Datenbasis ab 2030 zurückzuführen und kann nicht auf interne Optimierungen zurückgeführt werden.

- Die Abfüllung, die beim Getränkeverbundkarton vor allem Strom benötigt, profitiert ab 2030 vom Ausstieg aus der Kohleverstromung.

Ab 2045 minimieren sich die THG-Emissionen unter Berücksichtigung aller Optimierungen über den gesamten Lebensweg betrachtet um ca. 92 %:

- Entscheidend für das große Einsparpotenzial ab 2045 ist der Einfluss der externen Optimierungen.
- Die Beiträge aus der Herstellung der Primärverpackung sowie aus der Herstellung der Um- und Transportverpackung bestimmen die Bilanz.
- Der Prozess der Herstellung der Um- und Transportverpackungen ist jedoch in den Jahren 2030 und 2045 nur unzureichend abgebildet. Ecoinvent nutzt einen aggregierten FEFCO Datensatz dessen Anteile an Sekundär- und Primärfaser nicht frei justiert werden kann.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 148: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 16)**

LFD 16: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	16B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	16B_SQ-30_1,0l-GVKEW	16B_30-30_1,0l-GVKEW	16B_30-45_1,0l-GVKEW	16B_45-45_1,0l-GVKEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	278%	100%	65%	399%	382%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	167%	100%	73%	1%	1%
Naturfernepotenzial NFP	139%	100%	97%	675%	621%
Wasserverbrauch	149%	100%	101%	33%	28%
Klimawandel total	222%	100%	33%	-85%	-67%
Klimawandel fossil	170%	100%	68%	8%	8%
Versauerung	136%	100%	71%	74%	70%
Sommersmog	158%	100%	80%	84%	81%
Stratosphärischer Ozonabbau	119%	100%	83%	104%	98%

Wirkungskategorie	16B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	16B_SQ-30_1,0l-GVKEW	16B_30-30_1,0l-GVKEW	16B_30-45_1,0l-GVKEW	16B_45-45_1,0l-GVKEW
aquatische Eutrophierung	208%	100%	114%	392%	378%
terrestrische Eutrophierung	158%	100%	80%	102%	98%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	12%	100%	26%	36%	33%
Feinstaub PM2,5	148%	100%	74%	83%	79%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg eine Reduktion der THG-Emissionen um 32 % bis 2030 und um 92 % bis 2045.
- ▶ Für die Wirkungskategorie kumulierter nicht erneuerbarer Energieverbrauch ergibt sich ein Reduktionspotenzial von 27 % bis 2030 und von 99 % bis 2045.
- ▶ Für die übrigen Wirkungskategorien lässt sich kein abnehmender Trend in der Entwicklung der Ergebnisse ableiten.

### 5.3.16.2 Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 16)

Im Rahmen einer Variantenbetrachtung wird der Rohstoffeinsatz im Getränkeverbundkarton hinsichtlich der Kunststoffbarriere und des Verschlusses verändert. Die Ergebnisse der Variante auf Basis biobasierter Kunststoffe sowie mit Polymeren auf Basis des chemischen Recyclings werden nachfolgend dokumentiert.

**Tabelle 149: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 16) – inklusive Varianten**

LFD 16: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	16B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	16V_bio_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	16V_rec_SQ-SQ_1,0l-GVKEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	100%	70%	94%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	100%	55%	78%
Naturfernepotenzial NFP	100%	101%	100%
Wasserverbrauch	100%	97%	97%
Klimawandel total	100%	42%	104%

Wirkungskategorie	16B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	16V_bio_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	16V_rec_SQ-SQ_1,0l-GVKEW
Klimawandel fossil	100%	82%	103%
Versauerung	100%	98%	97%
Sommersmog	100%	95%	96%
Stratosphärischer Ozonabbau	100%	100%	102%
aquatische Eutrophierung	100%	67%	82%
terrestrische Eutrophierung	100%	96%	97%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	100%	92%	101%
Feinstaub PM2,5	100%	97%	97%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

Die geringsten Beiträge weist die Variante mit biobasierten Kunststoffen in Folie und Verschluss auf. Dieses Ergebnis zieht sich durch fast alle Wirkungskategorien. Die Variante mit Polymeren auf Basis des chemischen Recyclings hat derzeit im Status quo keine signifikanten Vorteile (aber auch keine signifikanten Nachteile), da der Energiebedarf des chemischen Recyclings derzeit zu hohen Beiträgen im Rahmen des stofflichen Recyclings führt (in der Abbildung ist der Prozess dem Lebenswegabschnitt „Herstellung Primärverpackung“ zugeordnet).

### 5.3.16.3 Zwischenfazit (LFD 16)

Für den 1,0 l Getränkeverbundkarton für stille Getränke lässt sich folgendes Zwischenfazit formulieren:

- ▶ Die Ergebnisse bis zum Betrachtungszeitraum 2030 werden wesentlich von den Mengen der Primärverpackungskomponenten sowie deren Verwertung am Ende des Lebenszyklus bestimmt. Dabei ist der Verzicht auf Aluminium in der Verbundschicht und als Siegelfolie beim Verschluss eine wichtige interne Stellschraube, in Verbindung mit dem Einsatz von PtX Kunststoffen.
- ▶ Die Umsetzung aller externen Optimierungen bis 2030 bzw. 2045 hat einen deutlich größeren Einfluss auf die Ergebnisse als die Anpassung der Verpackungsspezifikationen an den für 2030 bzw. 2045 zu erwartenden Stand.
- ▶ Die Variation der eingesetzten Kunststoffe im Getränkeverbundkarton zeigt, dass das größte Optimierungspotenzial weniger in der Varianz der Verpackungsspezifikationen als vielmehr in den veränderten Rahmenbedingungen liegt.

- Die Variante mit biobasierten Kunststoffen in Folie und Verschluss weist in fast allen Wirkungskategorien die geringsten Beiträge auf.

### 5.3.17 Ergebnisse der 1,5 l PET EW Flasche mit Kasten im Getränkesegment stille Getränke (LFD 17)

#### 5.3.17.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 17)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 150: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 17)**

LFD 17: 1,5 l PET EW Flasche mit Kasten, Getränkesegment stille Getränke

Prozessschritt	17B_SQ-SQ_1,5l-PETEWK	17B_SQ-30_1,5l-PETEWK	17B_30-30_1,5l-PETEWK	17B_30-45_1,5l-PETEWK	17B_45-45_1,5l-PETEWK
Herstellung Primärverpackung	96,89%	50,96%	27,29%	1,43%	0,88%
Herstellung Verschluss, Etikett	16,50%	10,71%	11,13%	0,71%	0,56%
Herstellung Um- und Transportverpackung	4,17%	1,90%	1,48%	0,08%	0,08%
Abfüllung	10,94%	2,59%	1,73%	0,16%	0,07%
Distribution	6,89%	6,20%	5,10%	0,11%	0,10%
Recycling/Entsortung	70,00%	45,61%	32,71%	0,39%	0,37%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-19,18%	-5,42%	-3,74%	-0,23%	-0,21%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-15,24%	-12,55%	-3,30%	-0,18%	-0,16%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>170,97%</b>	<b>100,00%</b>	<b>72,39%</b>	<b>2,47%</b>	<b>1,68%</b>

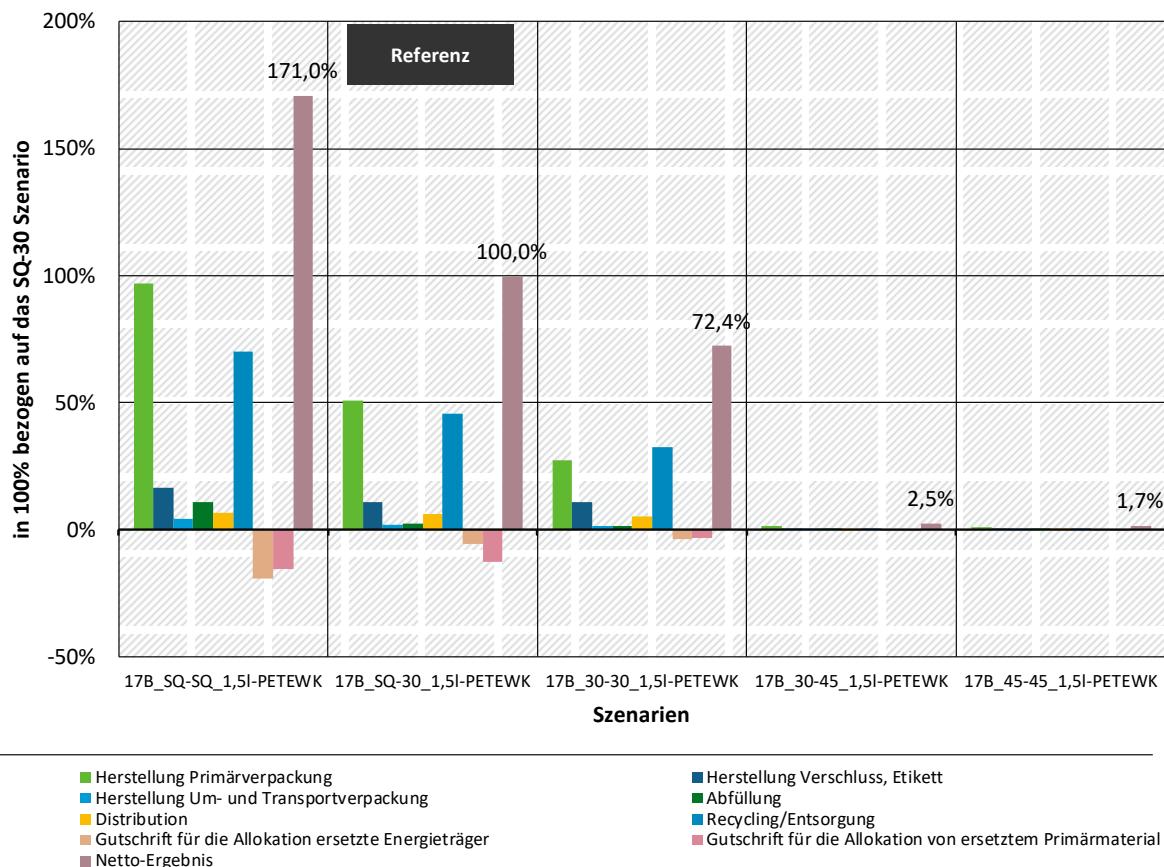
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 90: Sektorale Auswertung (LFD 17)**

LFD 17: 1,5 l PET EW Flasche mit Kasten, Getränkesegment stille Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- ▶ Produktion des Kunststoffs (PET) - bestimmt durch das Verpackungsgewicht im Sinne der Masse der Primärverpackung pro funktionaler Einheit und den Anteil des Sekundärmaterials im Flaschenkörper (rPET im geschlossenen Kreislauf ersetzt primäres PET).
- ▶ Verwertung der Packmittel - bestimmt durch die Masse der Packmittel pro Funktionseinheit sowie die Aufteilung in werkstoffliche und energetische Verwertung.

Auch für die beiden prospektiven Betrachtungszeiträume bleiben die für den Status quo identifizierten Lebenswegabschnitte ergebnisbestimmend.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 151: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 17)**

LFD 17: 1,5 l PET EW Flasche mit Kasten, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	17B_SQ-SQ_1,5l-PETEWK	17B_SQ-30_1,5l-PETEWK	17B_30-30_1,5l-PETEWK	17B_30-45_1,5l-PETEWK	17B_45-45_1,5l-PETEWK
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	160%	100%	74%	54%	41%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	161%	100%	74%	0%	0%
Naturfernpotenzial NFP	19%	100%	79%	171%	140%
Wasserverbrauch	163%	100%	77%	72%	51%
Klimawandel total	174%	100%	71%	-1%	-2%
Klimawandel fossil	171%	100%	72%	2%	2%
Versauerung	151%	100%	75%	37%	27%
Sommersmog	166%	100%	74%	23%	18%
Stratosphärischer Ozonabbau	114%	100%	62%	53%	40%
aquatische Eutrophierung	332%	100%	73%	66%	52%
terrestrische Eutrophierung	164%	100%	75%	27%	20%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	6%	100%	71%	49%	36%
Feinstaub PM2,5	154%	100%	75%	30%	23%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg bis 2030 eine Minderung um 28 % und bis 2045 eine Minderung der THG-Emissionen um 98 %.
- Für die übrigen durch Emissionen in Luft und Wasser bedingten Wirkungskategorien ergeben sich bis 2030 Minderungspotenziale von 25 % bis 38 % und bis 2045 Minderungspotenziale von 48 % bis 82 % bezogen auf das Referenzjahr SQ-30.
- Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die Minderungen bis 2030 zwischen 23 % und 26 %. Bis 2045 können Minderungen zwischen 59 % und bis zu 100 % gegenüber dem Referenzszenario erreicht werden. Eine Ausnahme bildet die

Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP, die nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.

### 5.3.17.2 Zwischenfazit (LFD 17)

Für die 1,5 l PET EW Flasche für stille Getränke (LFD 17) lassen sich folgende Kernaussagen zusammenfassen:

- ▶ Die Ergebnisse werden im Wesentlichen durch das Verpackungsgewicht und den Rezyklatanteil im Flaschenkörper bestimmt. Die Erhöhung des Sekundärmaterialanteils in der Flasche sowie die Gewichtsreduzierung im Primärkörper sind somit die größten internen Stellschrauben – insbesondere auch, da im Status quo das Potenzial dahingehend noch nicht ausgereizt ist. Auch Gewichtsreduktion und Erhöhung des Sekundärmaterialanteils in Verschluss und Etikett tragen zur Reduktion der Umweltwirkungen bei, wenn auch in wesentlich geringerem Umfang.
- ▶ Die Veränderung der externen Rahmenbedingungen für 2030 bzw. 2045 weist im Vergleich zur Anpassung der Verpackung an den jeweiligen prospektiven Zustand ein deutlich größeres Optimierungspotenzial auf.
- ▶ Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich bei der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP ist dies nicht der Fall.

### 5.3.18 Ergebnisse der 1,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 18)

#### 5.3.18.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 18)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 152: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 18)**

LFD 18: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Prozessschritt	18B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	18B_SQ-30_1,5l-PETEW	18B_30-30_1,5l-PETEW	18B_30-45_1,5l-PETEW	18B_45-45_1,5l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	101,16%	65,17%	36,91%	1,71%	0,61%
Herstellung Verschluss, Etikett	9,90%	6,36%	6,81%	0,47%	0,37%
Herstellung Um- und Transportverpackung	9,98%	6,51%	5,84%	0,40%	0,36%
Abfüllung	7,39%	1,75%	1,17%	0,11%	0,05%
Distribution	1,57%	1,24%	1,14%	0,02%	0,02%
Recycling/Entsorgung	63,29%	50,84%	36,14%	0,23%	0,24%

Prozessschritt	18B_SQ-SQ_1,5I-PETEW	18B_SQ-30_1,5I-PETEW	18B_30-30_1,5I-PETEW	18B_30-45_1,5I-PETEW	18B_45-45_1,5I-PETEW
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-24,06%	-6,89%	-4,77%	-0,29%	-0,19%
Gutschrift für die Allokation von ersetzen Primärmaterial	-30,31%	-24,99%	-12,13%	-0,53%	-0,17%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>138,91%</b>	<b>100,00%</b>	<b>71,12%</b>	<b>2,12%</b>	<b>1,29%</b>

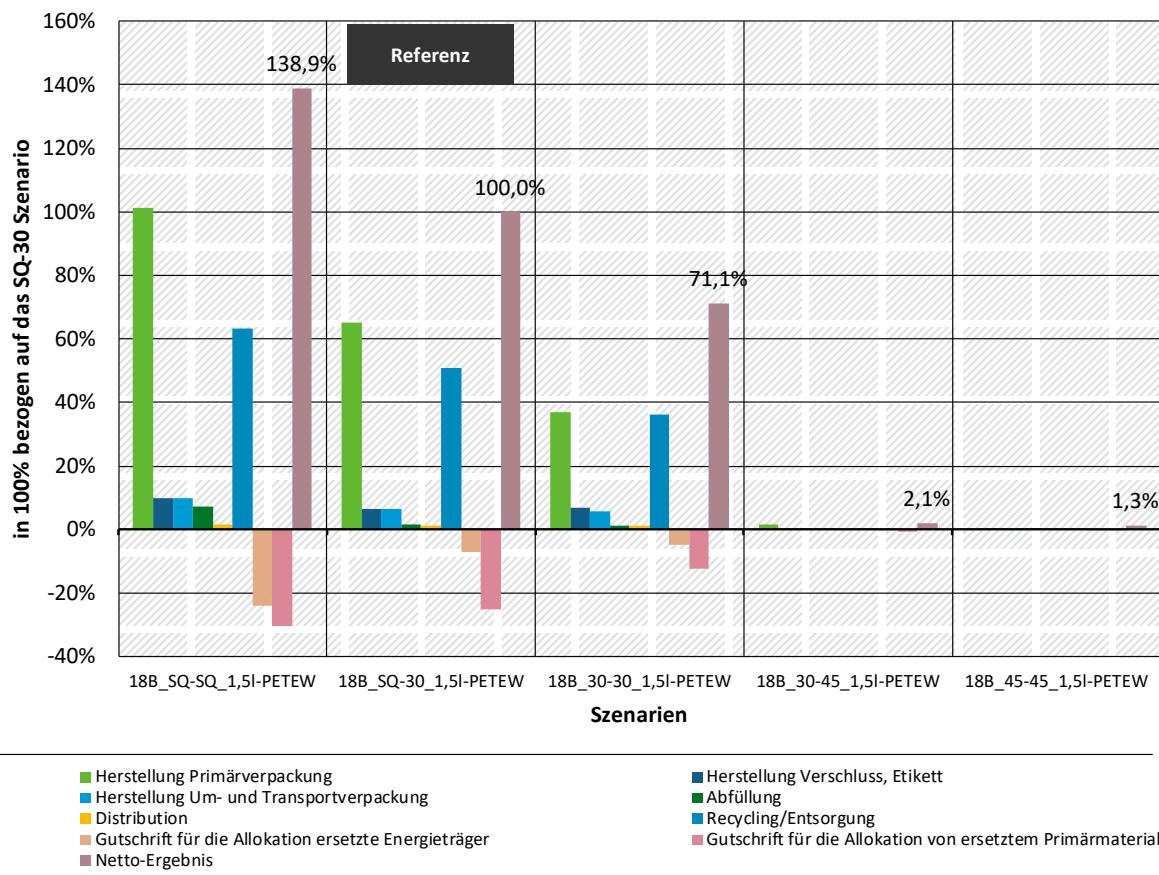
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 91: Sektorale Auswertung (LFD 18)**

LFD 18: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

realtive Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die Ergebnisse sowie die Beiträge der einzelnen Lebenswegabschnitte sind aufgrund der ähnlichen Spezifikationen vergleichbar mit denen der 1,5 l PET Einwegflasche für karbonisierte Getränke (LFD 05). Entsprechend sind hier ebenfalls die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo:

- ▶ Produktion des Kunststoffs (PET) und Herstellung der Flasche - bestimmt durch das Verpackungsgewicht im Sinne der Masse der Primärverpackung pro funktionaler Einheit und den Anteil an Sekundärmaterial im Flaschenkörper (rPET im Kreislauf geführt ersetzt primäres PET) sowie den Energieverbrauch bei der Produktion.
- ▶ Verpackungsrecycling - bestimmt durch die Masse an Verpackungen pro funktioneller Einheit und den Anteil an stofflicher und energetischer Verwertung.
- ▶ Gutschrift für die Allokation des ersetzen Primärmaterials - bestimmt durch das Verpackungsgewicht und den Anteil des Sekundärmaterials im Flaschenkörper, da Closed Loop geführtes PET keine Gutschrift erhalten kann.

Bis 2030 bleiben die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte weiterhin die Herstellung der Primärverpackung sowie deren Verwertung am Ende des Lebensweges und die damit einhergehende Gutschrift für die Allokation von ersetzen Primärmaterial:

- ▶ Die Erhöhung des Sekundärmaterials im Flaschenkörper auf 60% ab 2030 vermindert den Beitrag der Primärmaterialherstellung - bedingt gleichzeitig aber auch eine verminderte Gutschrift für die Allokation von ersetzen Primärmaterial, da Closed Loop geführtes PET keine Gutschriften erhalten kann.
- ▶ Die Beiträge der Abfüllung sind für das Verpackungssystem generell gering. Das Ende der Kohleverstromung sowie Energieeinsparungen führen dennoch zu größeren Einsparungen an THG-Emissionen bei der Abfüllung.

Ab 2045 minimieren sich die THG-Emissionen unter Berücksichtigung aller Optimierungen über den gesamten Lebensweg betrachtet um ca. 99 %:

- ▶ Der Einfluss der externen Optimierungen ist dabei maßgeblich für das große Einsparungspotenzial ab 2045.
- ▶ Interne Optimierungen auf den für das Jahr 2045 erwartbaren Stand, wie die weitere Erhöhung des Sekundärmaterials im Flaschenkörper, der Einsatz von recyceltem Material im Verschluss sowie Gewichtsreduzierungen reduzieren vor allem den Beitrag der Herstellung der Primärverpackungskomponenten.
- ▶ Der ergebnisbestimmende Lebenswegabschnitt für den Betrachtungszeitraum 2045 bleibt die Herstellung der Primärverpackungskomponenten.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 153: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 18)**

LFD 18: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	18B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	18B_SQ-30_1,5l-PETEW	18B_30-30_1,5l-PETEW	18B_30-45_1,5l-PETEW	18B_45-45_1,5l-PETEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	121%	100%	73%	57%	33%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	143%	100%	73%	0%	0%
Naturfernpotenzial NFP	20%	100%	80%	165%	110%
Wasserverbrauch	180%	100%	78%	80%	53%
Klimawandel total	140%	100%	70%	0%	-1%
Klimawandel fossil	139%	100%	71%	2%	1%
Versauerung	129%	100%	73%	39%	23%
Sommersmog	141%	100%	72%	27%	16%
Stratosphärischer Ozonabbau	107%	100%	62%	58%	26%
aquatische Eutrophierung	374%	100%	74%	86%	60%
terrestrische Eutrophierung	140%	100%	73%	31%	18%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	6%	100%	70%	55%	28%
Feinstaub PM2,5	133%	100%	73%	34%	19%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg bis 2030 eine Minderung um 29 % und bis 2045 eine Minderung der THG-Emissionen um 99 %.
- Für die verbleibenden durch Emissionen in Luft und Wasser bedingten Wirkungskategorien ergeben sich Minderungspotenziale von 27 % bis 38 % bis 2030 und von 72 % bis 84 % bis 2045 bezogen auf das Referenzjahr SQ-30. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung, die nicht dem überwiegend beobachteten abnehmenden Trend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.

- Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die zu erzielenden Reduktionen bis 2030 bei 27 %. Bis 2045 können Minderungen zwischen 67 % und bis zu 100 % gegenüber dem Referenzszenario erreicht werden. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP und Wasserverbrauch, die nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.

### 5.3.18.2 Zwischenfazit (LFD 18)

Für die 1,5 l PET EW Flasche für stille Getränke (LFD 18) können die gleichen Kernaussagen wie für die entsprechende Flasche (LFD 05) im karbonisierte Getränkesegment ableiten:

- Die Ergebnisse werden im Wesentlichen durch das Verpackungsgewicht und den Rezyklatanteil im Flaschenkörper bestimmt. Die Erhöhung des Sekundärmaterialanteils in der Flasche sowie die Gewichtsreduzierung im Primärkörper sind somit die größten internen Stellschrauben – insbesondere auch, da im Status quo das Potenzial dahingehend noch nicht ausgereizt ist.
- Die Veränderung der externen Rahmenbedingungen für 2030 bzw. 2045 weist im Vergleich zu Anpassungen an der Verpackung ein deutlich größeres Optimierungspotenzial für den jeweiligen prospektiven Betrachtungszeitraum auf.
- Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich bei den Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP, Wasserverbrauch und Gewässereutrophierung ist dies nicht der Fall.

### 5.3.19 Ergebnisse der 1,0 l PET EW Flasche mit Kasten im Getränkesegment stille Getränke (LFD 19)

#### 5.3.19.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 19)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 154: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 19)**

LFD 19: 1,0 l PET EW Flasche mit Kasten, Getränkesegment stille Getränke

Prozessschritt	19B_SQ-SQ_1,0l-PETEWK	19B_SQ-30_1,0l-PETEWK	19B_30-30_1,0l-PETEWK	19B_30-45_1,0l-PETEWK	19B_45-45_1,0l-PETEWK
Herstellung Primärverpackung	90,39%	48,73%	28,11%	1,44%	0,92%
Herstellung Verschluss, Etikett	19,67%	12,75%	13,25%	0,86%	0,67%
Herstellung Um- und Transportverpackung	2,51%	1,17%	0,93%	0,06%	0,06%
Abfüllung	11,36%	2,70%	1,80%	0,17%	0,07%
Distribution	8,06%	6,72%	5,93%	0,13%	0,12%

Prozessschritt	19B_SQ-SQ_1,0l-PETEWK	19B_SQ-30_1,0l-PETEWK	19B_30-30_1,0l-PETEWK	19B_30-45_1,0l-PETEWK	19B_45-45_1,0l-PETEWK
Recycling/Entsorgung	70,43%	46,20%	36,10%	0,42%	0,40%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-19,79%	-5,56%	-4,13%	-0,25%	-0,23%
Gutschrift für die Allokation von ersetzttem Primärmaterial	-15,47%	-12,70%	-3,84%	-0,22%	-0,19%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>167,17%</b>	<b>100,00%</b>	<b>78,16%</b>	<b>2,61%</b>	<b>1,82%</b>

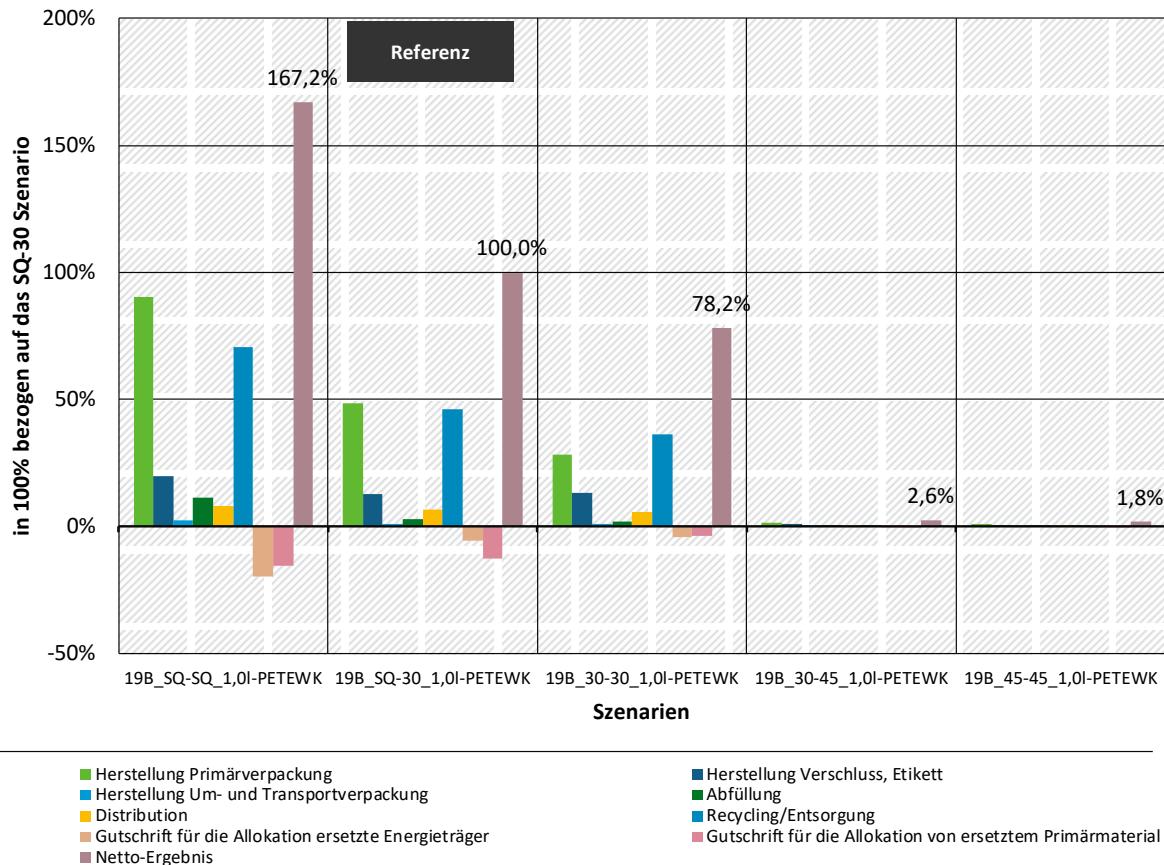
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 92: Sektorale Auswertung (LFD 19)**

LFD 19: 1,0 l PET EW Flasche mit Kasten, Getränkesegment stille Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Aufgrund der ähnlichen Spezifikationen sind die Ergebnisse der kastengebundenen 1,0 l PET Einwegflasche für stille Getränke mit denen der entsprechenden Flasche aus dem karbonisierten

Getränkesegment (LFD 07) vergleichbar. Somit sind auch hier die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo:

- ▶ Verpackungsrecycling - bestimmt durch die Masse der Verpackung pro Funktionseinheit und die Aufteilung in stoffliche und energetische Verwertung.
- ▶ Produktion des Kunststoffs (PET) und Herstellung der Flasche - bestimmt durch das Verpackungsgewicht im Sinne der Masse der Primärverpackung pro funktionaler Einheit und den Anteil an Sekundärmaterial im Flaschenkörper (rPET im geschlossenen Kreislauf ersetzt primäres PET) sowie den Energieverbrauch bei der Produktion.

Aufgrund der hohen Umlaufzahlen und des bereits im Status quo umgesetzten hohen Anteils an Sekundärmaterials des Kastens liefert der Lebenswegabschnitt der Herstellung der Um- und Transportverpackung nur einen geringen Beitrag zum Gesamtergebnis.

Für 2030 und 2045 bleiben die für den SQ als ergebnisbestimmend identifizierten Lebenswegabschnitte bestehen. Dabei ist folgendes hervorzuheben:

- ▶ Die kastengebundenen 1,0 l PET Einwegflasche für stille Getränke hat im Gegensatz zu der für karbonisierte Getränke auch in 2030 weiterhin ein Etikett aus PP. Im Vergleich trägt dies zu geringeren Beiträgen aus dem Lebenswegabschnitt der Herstellung des Verschlusses und der Etiketten bei.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 155: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 19)**

LFD 19: 1,0 l PET EW Flasche mit Kasten, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	19B_SQ-SQ_1,0l-PETEWK	19B_SQ-30_1,0l-PETEWK	19B_30-30_1,0l-PETEWK	19B_30-45_1,0l-PETEWK	19B_45-45_1,0l-PETEWK
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	162%	100%	80%	59%	44%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	158%	100%	80%	0%	0%
Naturfernpotenzial NFP	18%	100%	84%	176%	143%
Wasserverbrauch	161%	100%	81%	77%	56%
Klimawandel total	169%	100%	77%	-1%	-2%
Klimawandel fossil	167%	100%	78%	3%	2%
Versauerung	146%	100%	81%	40%	30%

Wirkungskategorie	19B_SQ-SQ_1,0l-PETEWK	19B_SQ-30_1,0l-PETEWK	19B_30-30_1,0l-PETEWK	19B_30-45_1,0l-PETEWK	19B_45-45_1,0l-PETEWK
Sommersmog	163%	100%	80%	25%	19%
Stratosphärischer Ozonabbau	113%	100%	68%	59%	45%
aquatische Eutrophierung	334%	100%	79%	72%	57%
terrestrische Eutrophierung	161%	100%	81%	29%	22%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	7%	100%	77%	54%	40%
Feinstaub PM2,5	150%	100%	81%	33%	25%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg bis 2030 eine Minderung um 22 % und bis 2045 eine Minderung der THG-Emissionen um 98 %.
- ▶ Für die durch Emissionen in Luft und Wasser bedingten Wirkungskategorien ergeben sich Minderungspotenziale von 19 % bis 32 % bis 2030 und 43 % bis 81 % bis 2045 bezogen auf das Referenzjahr SQ-30.
- ▶ Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die zu erzielenden Reduktionen bis 2030 bei ca. 20 %. Bis 2045 sind Minderungen zwischen 44 % und bis zu 100 % gegenüber dem Referenzszenario möglich.

Für die meisten Wirkungskategorien zeichnet sich über die Betrachtungszeiträume hinweg ein kontinuierlich abnehmender Trend ab. Für die Wirkungskategorie Naturfernenpotenzial NFP trifft dies jedoch nicht zu.

### 5.3.19.2 Zwischenfazit (LFD 19)

Für die kastengebundene 1,0 l PET Einwegflasche für stille Getränke (LFD 19) können folgende Kernaussagen hinsichtlich möglicher Optimierungspotenziale getroffen werden:

- ▶ Die Ergebnisse werden maßgeblich durch das Verpackungsgewicht und den hohen Sekundärmaterialanteil der Primärverpackungskomponenten sowie deren Verwertung bestimmt. Entsprechend stellen die Gewichtsreduktion und die Steigerung des Sekundärmaterialanteils wesentliche Stellschrauben zur Optimierung dar – insbesondere auch, da im Status quo das Potenzial dahingehend noch nicht ausgereizt ist. Auch Gewichtsreduktion und Erhöhung des Sekundärmaterialanteils in Verschluss und Etikett tragen zur Reduktion der Umweltwirkungen bei, wenn auch in wesentlich geringerem Umfang.
- ▶ Das kastengebundene System wirkt sich positiv auf den Beitrag aus der Herstellung der Um- und Transportverpackungen aus, führt aber gleichzeitig zu höheren Beiträgen aus der Distribution.

- Die externen Rahmenbedingungen für 2030 bzw. 2045 weisen ein deutlich größeres Optimierungspotenzial auf als die Anpassung der Verpackungsspezifikationen an den für das jeweilige Betrachtungsjahr zu erwartenden Stand.
- Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich für die Wirkungskategorie Naturfernenpotenzial NFP ist dies nicht der Fall.

### 5.3.20 Ergebnisse der 1,0 l PET EW Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 20)

#### 5.3.20.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 20)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 156: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 20)**

LFD 20: 1,0 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Prozessschritt	20B_SQ-SQ_1,0l-PETEW	20B_SQ-30_1,0l-PETEW	20B_30-30_1,0l-PETEW	20B_30-45_1,0l-PETEW	20B_45-45_1,0l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	95,73%	64,22%	33,84%	1,54%	0,54%
Herstellung Verschluss, Etikett	10,53%	6,84%	7,13%	0,45%	0,35%
Herstellung Um- und Transportverpackung	7,67%	5,02%	4,46%	0,34%	0,31%
Abfüllung	6,30%	1,50%	1,00%	0,09%	0,04%
Distribution	5,56%	4,30%	4,06%	0,09%	0,09%
Recycling/Entsorgung	62,01%	49,61%	33,39%	0,22%	0,23%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-23,24%	-6,65%	-4,37%	-0,26%	-0,17%
Gutschrift für die Allokation von ersetzttem Primärmaterial	-30,04%	-24,83%	-11,37%	-0,50%	-0,16%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>134,51%</b>	<b>100,00%</b>	<b>68,15%</b>	<b>1,97%</b>	<b>1,22%</b>

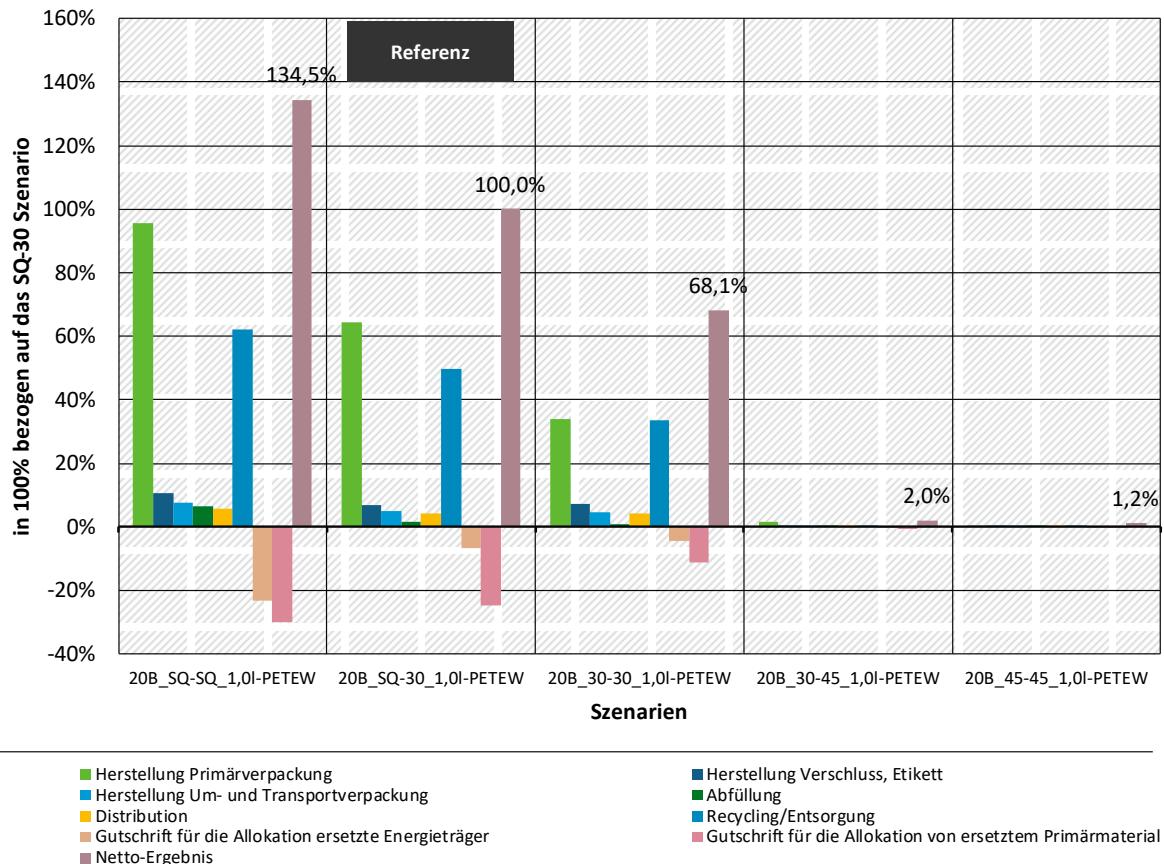
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 93: Sektorale Auswertung (LFD 20)**

LFD 20: 1,0 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Wie schon für die kastengebundene 1,0 l PET Einwegflasche sind die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo ebenfalls die Herstellung der Primärverpackung sowie die Verwertung der Packmittel am Ende des Lebensweges. Folgende Unterschiede lassen sich erkennen:

- ▶ Die THG-Emissionen aus der Herstellung der Primärverpackung sind bei der 1,0 l PET Einwegflasche im Schrumpfpack deutlich höher - bedingt durch das höhere Gewicht und den geringeren Sekundärmaterialanteil der Flasche.
- ▶ Durch den geringeren Sekundärmaterialanteil steht jedoch mehr rPET für andere Systeme zur Verfügung, was zu einer deutlich höheren Gutschrift für die Allokation des ersetzen Primärmaterials führt. Im Endergebnis kann die erhöhte Gutschrift jedoch nicht die erhöhte Belastung durch die Herstellung der Primärverpackung ausgleichen.
- ▶ Höhere Lasten im Vergleich zur kastengebundenen Alternative ergeben sich auch aus dem Beitrag der Um- und Transportverpackung.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die

ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 157: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 20)**

LFD 20: 1,0 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	20B_SQ-SQ_1,0l-PETEW	20B_SQ-30_1,0l-PETEW	20B_30-30_1,0l-PETEW	20B_30-45_1,0l-PETEW	20B_45-45_1,0l-PETEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	120%	100%	69%	55%	32%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	140%	100%	70%	0%	0%
Naturfernpotenzial NFP	22%	100%	74%	166%	108%
Wasserverbrauch	186%	100%	75%	78%	52%
Klimawandel total	135%	100%	68%	0%	-1%
Klimawandel fossil	135%	100%	68%	2%	1%
Versauerung	125%	100%	70%	37%	21%
Sommersmog	140%	100%	69%	25%	15%
Stratosphärischer Ozonabbau	106%	100%	59%	54%	24%
aquatische Eutrophierung	386%	100%	69%	82%	57%
terrestrische Eutrophierung	138%	100%	70%	29%	17%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	6%	100%	66%	52%	27%
Feinstaub PM2,5	130%	100%	70%	31%	18%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg bis 2030 eine Minderung um 32 % und bis 2045 eine Minderung der THG-Emissionen um 99 %.
- Für die übrigen durch Emissionen in Luft und Wasser bedingten Wirkungskategorien ergeben sich bis 2030 Minderungspotenziale von 30 % bis 41 % und bis 2045 Minderungspotenziale von 73 % bis 85 % bezogen auf das Referenzjahr SQ-30.

- Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die zu erzielenden Reduktionen bis 2030 bei ca. 30 %. Bis 2045 sind Minderungen zwischen 68 % und bis zu 100 % gegenüber dem Referenzszenario möglich.

Für die meisten Wirkungskategorien zeichnet sich über die Betrachtungszeiträume hinweg ein kontinuierlich abnehmender Trend ab. Für die Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP, Wasserverbrauch und aquatische Eutrophierung trifft dies jedoch nicht zu.

### 5.3.20.2 Zwischenfazit (LFD 20)

Für die 1,0 l PET Einwegflasche für stille Getränke (LFD 20) können folgende Kernaussagen hinsichtlich möglicher Optimierungspotenziale getroffen werden:

- Die Ergebnisse werden maßgeblich durch das Verpackungsgewicht und den Sekundärmaterialanteil der Primärverpackungskomponenten sowie deren Verwertung bestimmt. Entsprechend stellen die Gewichtsreduktion und die Steigerung des Sekundärmaterialanteils wesentliche Stellschrauben zur Optimierung dar – insbesondere auch, da im Status quo das Potenzial dahingehend noch nicht ausgereizt ist.
- Über alle Wirkungskategorien hinweg betrachtet halten sich die ausgeschöpften Optimierungspotenziale zwischen internen Anpassungen und externen Rahmenbedingungen bis 2030 die Waage.
- Für den prospektiven Betrachtungszeitraum 2045 weisen die externen Rahmenbedingungen ein deutlich größeres Optimierungspotenzial auf als die Anpassung der Verpackungsspezifikationen an den für dieses Jahr zu erwartenden Stand.
- Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich bei den Wirkungskategorien NFP, Wasserverbrauch und Gewässereutrophierung ist dies nicht der Fall.

### 5.3.21 Ergebnisse der 0,75 l PET EW Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 21)

#### 5.3.21.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 21)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 158: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 21)**

LFD 21: 0,75 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

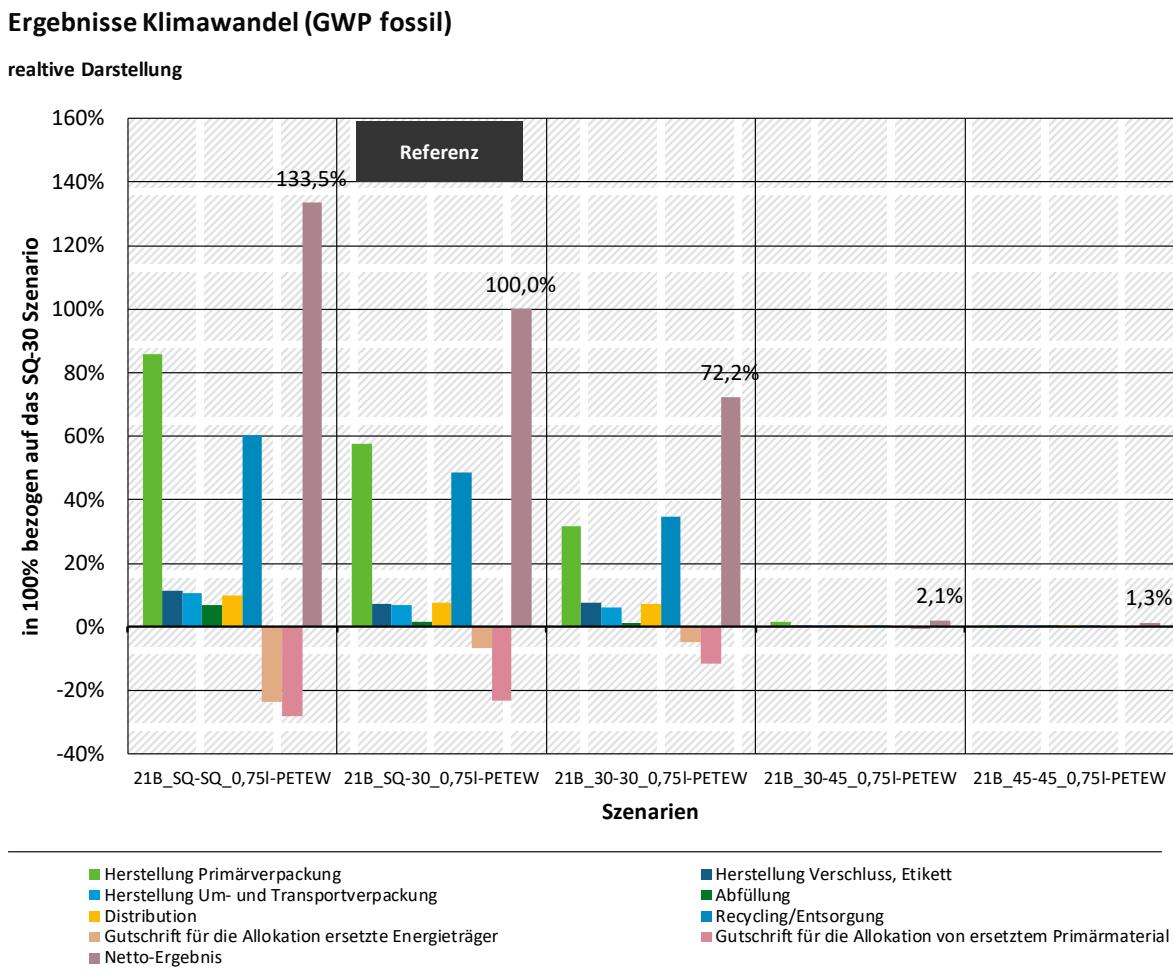
Prozessschritt	21B_SQ-SQ_0,75l-PETEW	21B_SQ-30_0,75l-PETEW	21B_30-30_0,75l-PETEW	21B_30-45_0,75l-PETEW	21B_45-45_0,75l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	85,92%	57,58%	31,63%	1,44%	0,51%
Herstellung Verschluss, Etikett	11,44%	7,36%	7,44%	0,49%	0,38%
Herstellung Um- und	10,70%	6,99%	6,25%	0,44%	0,40%

<b>Prozessschritt</b>	<b>21B_SQ-SQ_0,75l-PETEW</b>	<b>21B_SQ-30_0,75l-PETEW</b>	<b>21B_30-30_0,75l-PETEW</b>	<b>21B_30-45_0,75l-PETEW</b>	<b>21B_45-45_0,75l-PETEW</b>
Transportverpackung					
Abfüllung	6,72%	1,60%	1,07%	0,10%	0,04%
Distribution	10,00%	7,70%	7,30%	0,17%	0,16%
Recycling/Entsorgung	60,42%	48,70%	34,64%	0,21%	0,23%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-23,43%	-6,71%	-4,69%	-0,28%	-0,20%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-28,26%	-23,23%	-11,48%	-0,51%	-0,19%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>133,50%</b>	<b>100,00%</b>	<b>72,17%</b>	<b>2,06%</b>	<b>1,34%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 94: Sektorale Auswertung (LFD 21)**

LFD 21: 0,75 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke



Quelle: ifeu 2023

Wie schon für die 1,0 l PET Einwegflasche (LFD 20) sind die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo ebenfalls die Herstellung der Primärverpackung sowie die Verwertung der Packmittel und die daraus resultierenden Gutschriften. Folgende Unterschiede lassen sich jedoch für die kleinformatigere 0,75 l PET Einwegflasche erkennen:

- ▶ Obwohl die 0,75 l PET Einwegflasche leichter ist, sind die THG-Emissionen aus der Herstellung der Primärverpackung höher – bedingt durch das Verhältnis von Füllgut zu Verpackungsmasse pro funktioneller Einheit.
- ▶ Ebenso sind die Beiträge aus der Herstellung der Verschlüsse und Etiketten höher - da für die Bereitstellung der gleichen Füllmenge mehr Material benötigt wird.
- ▶ Generell führt das geringere Füllvolumen und der damit verbundene höhere Materialaufwand pro Funktionseinheit zu höheren Beiträgen in allen Lebenswegabschnitten.

**Tabelle 159: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 21)**

LFD 21: 0,75 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	21B_SQ-SQ_0,75l-PETEW	21B_SQ-30_0,75l-PETEW	21B_30-30_0,75l-PETEW	21B_30-45_0,75l-PETEW	21B_45-45_0,75l-PETEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	124%	100%	72%	59%	35%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	139%	100%	73%	0%	0%
Naturfernpotenzial NFP	23%	100%	79%	170%	117%
Wasserverbrauch	181%	100%	77%	81%	55%
Klimawandel total	134%	100%	72%	0%	-1%
Klimawandel fossil	134%	100%	72%	2%	1%
Versauerung	124%	100%	74%	38%	23%
Sommersmog	141%	100%	73%	26%	16%
Stratosphärischer Ozonabbau	106%	100%	62%	56%	26%
aquatische Eutrophierung	383%	100%	73%	90%	65%
terrestrische Eutrophierung	139%	100%	74%	30%	19%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	7%	100%	69%	56%	31%
Feinstaub PM2,5	130%	100%	74%	33%	20%

- Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg bis 2030 eine Minderung um 28 % und bis 2045 eine Minderung der THG-Emissionen um 99 %.
- Für die verbleibenden durch Emissionen in Luft und Wasser bedingten Wirkungskategorien ergeben sich bis 2030 Minderungspotenziale von 26 % bis 38 % und bis 2045 Minderungspotenziale von 69 % bis 84 % bezogen auf das Referenzjahr SQ-30.
- Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die zu erzielenden Reduktionen bis 2030 bei ca. 27 %. Bis 2045 sind Minderungen zwischen 65 % und bis zu 100 % gegenüber dem Referenzszenario möglich.

Für die meisten Wirkungskategorien zeichnet sich über die Betrachtungszeiträume hinweg ein kontinuierlich abnehmender Trend ab. Für die Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP, Wasserverbrauch und aquatische Eutrophierung trifft dies jedoch nicht zu.

### 5.3.21.2 Zwischenfazit (LFD 21)

Für die 0,75 l PET Einwegflasche für stille Getränke (LFD 21) können folgende Kernaussagen hinsichtlich möglicher Optimierungspotenziale getroffen werden:

- ▶ Die Ergebnisse werden überwiegend durch das Verpackungsgewicht und den Sekundärmaterialanteil der Primärverpackungskomponenten sowie deren Verwertung und den damit einhergehenden Gutschriften bestimmt. Entsprechend stellen die Gewichtsreduktion und die Steigerung des Sekundärmaterialanteils wesentliche Stellschrauben zur Optimierung dar.
- ▶ Für die prospektiven Betrachtungszeiträume weisen die externen Rahmenbedingungen ein deutlich größeres Optimierungspotenzial auf als die Anpassung der Verpackungsspezifikationen auf den für das jeweilige Jahr erwartbaren Stand.
- ▶ Für die Mehrzahl der ausgewerteten Wirkungskategorie lässt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse feststellen. Lediglich für die Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP, Wasserverbrauch und aquatische Eutrophierung zeichnet sich dies nicht ab.

### 5.3.22 Ergebnisse der 0,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 22)

#### 5.3.22.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 160: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 22)**

LFD 22: 0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Prozessschritt	22B_SQ-SQ_0,5l-PETEW	22B_SQ-30_0,5l-PETEW	22B_30-30_0,5l-PETEW	22B_30-45_0,5l-PETEW	22B_45-45_0,5l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	91,70%	61,23%	33,51%	1,52%	0,54%
Herstellung Verschluss, Etikett	16,36%	10,63%	11,17%	0,69%	0,52%
Herstellung Um- und Transportverpackung	7,29%	4,76%	4,28%	0,30%	0,27%
Abfüllung	9,41%	2,25%	1,50%	0,14%	0,06%
Distribution	1,22%	0,97%	0,88%	0,02%	0,01%
Recycling/Entsorgung	65,10%	51,75%	37,48%	0,23%	0,24%

Prozessschritt	22B_SQ-SQ_0,5l-PETEW	22B_SQ-30_0,5l-PETEW	22B_30-30_0,5l-PETEW	22B_30-45_0,5l-PETEW	22B_45-45_0,5l-PETEW
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-24,37%	-6,97%	-4,94%	-0,30%	-0,20%
Gutschrift für die Allokation von ersetzen Primärmaterial	-29,89%	-24,62%	-12,33%	-0,56%	-0,21%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>136,81%</b>	<b>100,00%</b>	<b>71,54%</b>	<b>2,04%</b>	<b>1,23%</b>

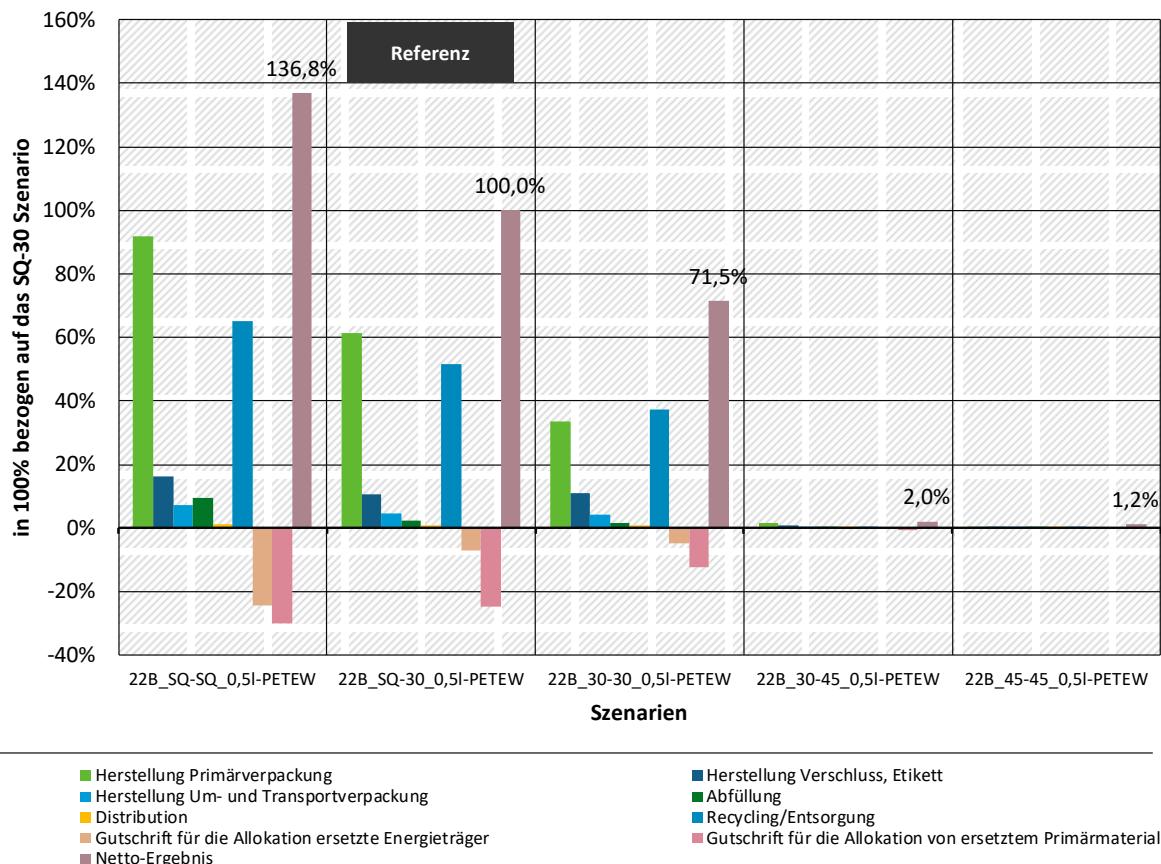
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 95: Sektorale Auswertung (LFD 22)**

LFD 22: 0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

realtive Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- Produktion des Kunststoffs (PET) – bestimmt durch das Verpackungsgewicht im Sinne der Masse an Primärverpackung pro funktioneller Einheit und den Anteil an Sekundärmaterial im Flaschenkörper (Closed Loop geführtes rPET ersetzt primäres PET).

- ▶ Verwertung der Packmittel – bestimmt durch die Masse an Packmitteln pro funktioneller Einheit sowie den Split zwischen werkstofflicher und energetischer Verwertung.
- ▶ Gutschrift für die Allokation von ersetzen Primärmaterial – bestimmt durch das Verpackungsgewicht und den Anteil an Sekundärmaterial im Flaschenkörper, da Closed Loop geführtes PET keine Gutschriften erhalten kann.

Generell ähnelt das ökobilanzielle Muster der 0,5 l PET Einwegflasche für stille Getränke im Wesentlichen dem Ergebnismuster der 0,5 l PET Einwegflasche für karbonisierte Getränke (LFD 08). Dabei sind folgende Aspekte hervorzuheben:

- ▶ Über alle Betrachtungszeiträume hinweg liegen die Ergebnisse der 0,5 l PET Einwegflasche für stille Getränke niedriger als die der 0,5 l PET Einwegflasche für karbonisierte Getränke (LFD 08).
- ▶ Ein entscheidender Faktor hierfür ist vor allem das geringere Verpackungsgewicht der 0,5 l PET Einwegflasche für stille Getränke.
- ▶ Die geringere Masse zur Erfüllung der funktionellen Einheit für stille Getränke im Vergleich zu karbonisierten Getränken führt zu geringeren Beiträgen im Lebenswegabschnitt der Distribution sowie der Verwertung am Ende des Lebenswegs.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 161: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 22)**

LFD 22: 0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	22B_SQ-SQ_0,5l-PETEW	22B_SQ-30_0,5l-PETEW	22B_30-30_0,5l-PETEW	22B_30-45_0,5l-PETEW	22B_45-45_0,5l-PETEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	132%	100%	73%	57%	32%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	142%	100%	73%	0%	0%
Naturfernpotenzial NFP	18%	100%	77%	170%	106%
Wasserverbrauch	179%	100%	76%	78%	49%
Klimawandel total	137%	100%	71%	1%	0%
Klimawandel fossil	137%	100%	72%	2%	1%
Versauerung	126%	100%	73%	40%	24%

Wirkungskategorie	22B_SQ-SQ_0,5l-PETEW	22B_SQ-30_0,5l-PETEW	22B_30-30_0,5l-PETEW	22B_30-45_0,5l-PETEW	22B_45-45_0,5l-PETEW
Sommersmog	139%	100%	72%	26%	15%
Stratosphärischer Ozonabbau	107%	100%	61%	57%	25%
aquatische Eutrophierung	394%	100%	72%	81%	54%
terrestrische Eutrophierung	139%	100%	73%	30%	17%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	6%	100%	69%	56%	29%
Feinstaub PM2,5	130%	100%	73%	34%	20%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg betrachtet bis 2030 eine Minderung um 28 % und bis 2045 eine Reduktion der THG-Emissionen um 99 %.
- ▶ Für die restlichen luft- bzw. wasserschadstoffgetriebenen Wirkungskategorien ergeben sich bis zum Jahr 2030 bezogen auf das Referenzjahr SQ-30 mögliche Minderungen von 27 % bis 39 % und bis 2045 mögliche Minderungen von 71 % bis zu 85 %. Ausgenommen ist hierbei die Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung, bei der sich kein kontinuierlicher Abwärtstrend beschreiben lässt.
- ▶ Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen bis 2030 die zu erzielenden Minderungen bei bis zu 27 %. Bis 2045 können die Ergebnisse zwischen 68 % und bis zu 100 % Minderung gegenüber dem Referenzszenario ergeben. Ausgenommen hiervon sind erstens das Naturfernepotenzial NFP und zweitens der Wasserverbrauch, in denen sich kein kontinuierlich abnehmender Trend abzeichnet.

### 5.3.22.2 Zwischenfazit (LFD 22)

Für die 0,5 l PET Einwegflasche für stille Getränke (LFD 22) können folgende Kernaussagen hinsichtlich möglicher Optimierungspotenziale getroffen werden:

- ▶ Die Ergebnisse werden im Wesentlichen durch das Verpackungsgewicht und den Rezyklatanteil im Flaschenkörper bestimmt. Die Erhöhung des Rezyklatanteils in der Flasche stellt somit die wichtigste interne Stellschraube dar.
- ▶ Die externen Rahmenbedingungen für 2030 bzw. 2045 weisen für die Mehrzahl der Wirkungskategorien ein deutlich größeres Optimierungspotenzial auf als die Anpassung der Verpackungsspezifikationen an den für das jeweilige Betrachtungsjahr zu erwartenden Stand.
- ▶ Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich bei den

Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP, Wasserverbrauch und Gewässereutrophierung ist dies nicht der Fall.

### 5.3.23 Ergebnisse der 1,0 l PET MW Pool Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 23)

#### 5.3.23.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 23)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 162: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Prozessschritt	23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP	23B_SQ-30_1,0l-PETMWP	23B_30-30_1,0l-PETMWP	23B_30-45_1,0l-PETMWP	23B_45-45_1,0l-PETMWP
Herstellung Primärverpackung	23,23%	15,55%	10,66%	0,47%	0,25%
Herstellung Verschluss, Etikett	27,64%	18,63%	17,51%	0,79%	0,68%
Herstellung Um- und Transportverpackung	3,68%	1,69%	1,32%	0,08%	0,08%
Abfüllung	59,55%	39,13%	13,52%	1,18%	0,51%
Distribution	13,15%	10,22%	8,10%	0,18%	0,16%
Recycling/Entsorgung	33,41%	29,27%	25,44%	0,07%	0,07%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-17,14%	-4,83%	-4,27%	-0,26%	-0,24%
Gutschrift für die Allokation von ersetzttem Primärmaterial	-11,51%	-9,67%	-7,42%	-0,28%	-0,21%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>132,01%</b>	<b>100,00%</b>	<b>64,87%</b>	<b>2,22%</b>	<b>1,30%</b>

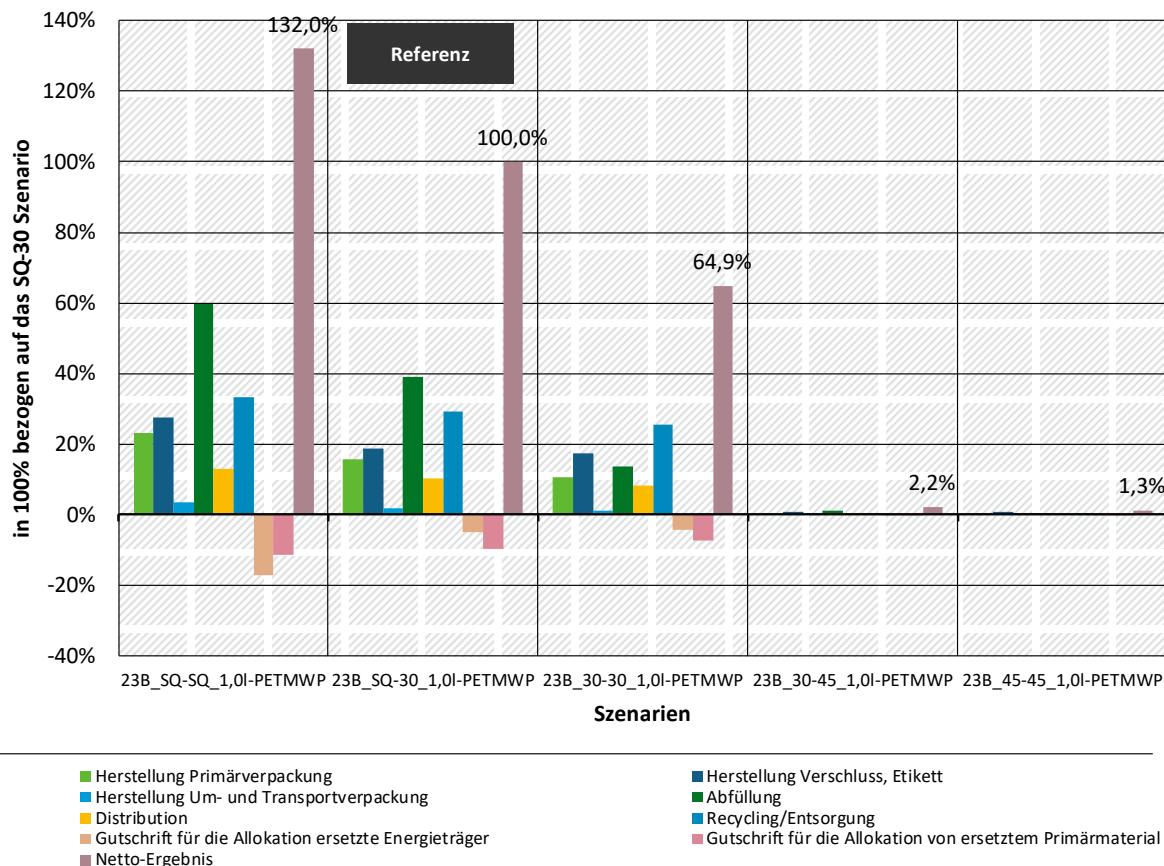
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 96: Sektorale Auswertung (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die Ergebnisse der Pool 1,0 l PET Mehrwegflasche für stille Getränke ähneln im Wesentlichen den Ergebnissen der 1,0 l PET MW Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD11). Über alle Wirkungskategorien hinweg lassen sich keine nennenswerten Abweichungen feststellen.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 163: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP	23B_SQ-30_1,0l-PETMWP	23B_30-30_1,0l-PETMWP	23B_30-45_1,0l-PETMWP	23B_45-45_1,0l-PETMWP
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-)	170%	100%	75%	61%	41%

Wirkungskategorie	23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP	23B_SQ-30_1,0l-PETMWP	23B_30-30_1,0l-PETMWP	23B_30-45_1,0l-PETMWP	23B_45-45_1,0l-PETMWP
metallisch, biotisch)					
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	132%	100%	64%	0%	0%
Naturfernpotenzial NFP	24%	100%	97%	245%	190%
Wasserverbrauch	118%	100%	73%	72%	34%
Klimawandel total	133%	100%	64%	-1%	-2%
Klimawandel fossil	132%	100%	65%	2%	1%
Versauerung	131%	100%	80%	42%	30%
Sommersmog	141%	100%	67%	22%	15%
Stratosphärischer Ozonabbau	114%	100%	79%	60%	35%
aquatische Eutrophierung	580%	100%	80%	79%	45%
terrestrische Eutrophierung	139%	100%	69%	25%	17%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	13%	100%	101%	80%	53%
Feinstaub PM2,5	134%	100%	74%	34%	24%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg betrachtet bis 2030 eine Minderung um 35 % und bis 2045 eine Reduktion der THG-Emissionen um 99 %.
- ▶ Für die restlichen wasser- und luftschadstoffgetriebenen Wirkungskategorien ergeben sich bis zum Jahr 2030 bezogen auf das Referenzjahr SQ-30 mögliche Minderungen zwischen 20 % und 35 % und bis 2045 mögliche Minderungen von 55 % bis zu 85 %. Ausgenommen ist hierbei die Wirkungskategorie Krebsrisikopotenzial (CRP), welche nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.

- Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die Minderungen bis 2030 zwischen 25 % und 36 %. Bis 2045 können Minderungen zwischen 59 % und bis zu 100 % gegenüber dem Referenzszenario erreicht werden. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP, die nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.

### 5.3.23.2 Zwischenfazit (LFD 23)

Für die 1,0 l PET Mehrwegflasche Pool für stille Getränke (LFD 23) gelten aufgrund der annähernd gleichen Ergebnisse die für das LFD11 System getroffene Aussagen hinsichtlich des SQ und der Optimierungspotenziale in den prospektiven Betrachtungszeiträumen.

### 5.3.24 Ergebnisse der 0,75 l Glas MW Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 24)

#### 5.3.24.1 Wirkungsabschätzung der Basiszenarien (LFD 24)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 164: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 24)**

LFD 24: 0,75 l Glas MW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Prozessschritt	24B_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24B_SQ-30_0,75l-GlasMW	24B_30-30_0,75l-GlasMW	24B_30-45_0,75l-GlasMW	24B_45-45_0,75l-GlasMW
Herstellung Primärverpackung	28,23%	19,76%	15,01%	0,29%	0,27%
Herstellung Verschluss, Etikett	31,29%	18,37%	18,03%	2,21%	2,07%
Herstellung Um- und Transportverpackung	2,60%	0,98%	0,85%	0,31%	0,29%
Abfüllung	48,82%	39,12%	11,78%	1,12%	0,65%
Distribution	25,33%	18,79%	16,72%	0,31%	0,28%
Recycling/Entsorgung	14,56%	13,06%	12,23%	0,08%	0,08%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-8,60%	-2,50%	-2,42%	-0,15%	-0,15%
Gutschrift für die Allokation von ersetzttem Primärmaterial	-11,37%	-7,60%	-7,27%	-0,23%	-0,23%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>130,86%</b>	<b>100,00%</b>	<b>64,92%</b>	<b>3,96%</b>	<b>3,26%</b>

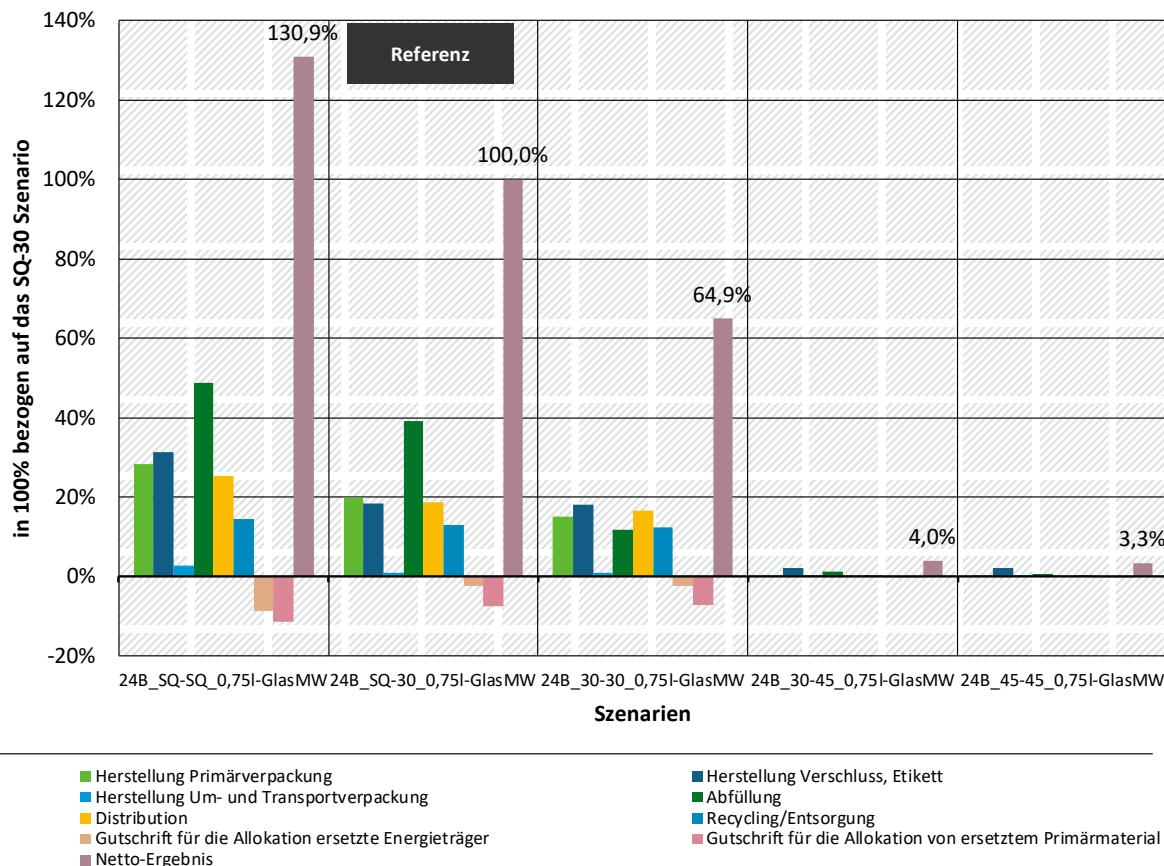
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 97: Sektorale Auswertung (LFD 24)**

LFD 24: 0,75 l Glas MW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- ▶ Abfüllung – bestimmt durch die Energieaufwendungen (elektrisch und thermisch)
- ▶ Distribution – bestimmt durch die Packmittelgewichte und die Distributionsentferungen
- ▶ Herstellung der Packmittel – bestimmt durch die Gewichte der Einwegkomponenten und die Umlaufzahl der Mehrwegpackmittel

Die ökobilanzielle Entwicklung der 0,75 l Glas Mehrwegflasche für stille Getränke ähnelt im Wesentlichen dem der entsprechenden Glas Mehrwegflasche für karbonisierte Getränke (LFD 12).

- ▶ Somit bleiben auch hier in 2030 die Herstellung der Packmittel sowie die Distribution die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte. In 2045 verlieren diese beiden Lebenswegabschnitte an Bedeutung; neuer ergebnisbestimmender Lebenswegabschnitt ist nun die Herstellung der Verschlüsse und Etiketten.
- ▶ Die Anpassungen des Verpackungssystems weisen bis 2030 ein höheres THG-Minderungspotenzial auf als die veränderten Rahmenbedingungen in 2030. Für 2045 kehrt

sich dies um, die Anpassungen des Packmittels weisen im Vergleich zu den veränderten externen Rahmenbedingungen in 2045 nur noch ein geringes Optimierungspotenzial auf.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 165: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 24)**

LFD 24: 0,75 l Glas MW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	24B_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24B_SQ-30_0,75l-GlasMW	24B_30-30_0,75l-GlasMW	24B_30-45_0,75l-GlasMW	24B_45-45_0,75l-GlasMW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	101%	100%	78%	69%	60%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	124%	100%	63%	1%	1%
Naturfernepotenzial NFP	7%	100%	97%	126%	119%
Wasserverbrauch	103%	100%	76%	75%	74%
Klimawandel total	133%	100%	63%	-2%	-3%
Klimawandel fossil	131%	100%	65%	4%	3%
Versauerung	127%	100%	81%	45%	39%
Sommersmog	141%	100%	69%	37%	33%
Stratosphärischer Ozonabbau	125%	100%	95%	51%	38%
aquatische Eutrophierung	103%	100%	88%	85%	81%
terrestrische Eutrophierung	133%	100%	71%	42%	37%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	7%	100%	112%	131%	114%
Feinstaub PM2,5	134%	100%	76%	41%	36%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg betrachtet bis 2030 eine Minderung um 35 % und bis 2045 eine Reduktion der THG-Emissionen um 97 %.
- Für die restlichen luftschadstoffgetriebenen Wirkungskategorien ergeben sich bis zum Jahr 2030 bezogen auf das Referenzjahr SQ-30 mögliche Minderungen zwischen 5 % und 31 % und bis 2045 mögliche Minderungen von 29 % bis zu 67 %. Ausgenommen ist hierbei die Wirkungskategorie Krebsrisikopotenzial (CRP), welche nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.
- Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die Minderungen bis 2030 zwischen 24 % und 37 %. Bis 2045 können Minderungen zwischen 40 % und bis zu 99 % gegenüber dem Referenzszenario erreicht werden. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP, die nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.

### 5.3.24.2 Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 24)

Hier werden die Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten dokumentiert. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch dargestellt (jedoch nur Nettoergebnisse), die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 166: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 24) – inklusive Varianten**

LFD 24: 0,75 l Glas MW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	24B_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24V_ULZ+20%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24V_ULZ-20%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24V_T+25%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24V_T-25%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24V_min_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24V_max_SQ-SQ_0,75l-GlasMW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	100%	95%	108%	103%	97%	92%	110%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	100%	95%	104%	104%	96%	93%	109%
Naturfernepotenzial NFP	100%	95%	101%	100%	100%	99%	101%
Wasserverbrauch	100%	95%	100%	100%	100%	100%	100%
Klimawandel total	100%	95%	105%	105%	95%	91%	110%
Klimawandel fossil	100%	95%	105%	105%	95%	92%	110%
Versauerung	100%	95%	109%	104%	96%	90%	113%

Wirkungskategorie	24B_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24V_ULZ+20%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24V_ULZ-20%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24V_T+25%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24V_T-25%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24V_min_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24V_max_SQ-SQ_0,75l-GlasMW
Sommersmog	100%	95%	108%	105%	95%	90%	113%
Stratosphärischer Ozonabbau	100%	95%	107%	107%	93%	88%	114%
aquatische Eutrophierung	100%	95%	102%	100%	100%	99%	102%
terrestrische Eutrophierung	100%	95%	108%	105%	95%	90%	113%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	100%	95%	104%	108%	92%	89%	112%
Feinstaub PM2,5	100%	97%	109%	104%	96%	90%	113%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

Die Betrachtung der Varianten zeigt, dass sowohl eine Erhöhung der Umlaufzahlen als auch eine Verkürzung der Transportentfernungen zu geringeren Nettoergebnissen führen. Es fällt auf, dass die Variation eines der beiden Parameter (Umlaufzahl oder Transport) die Ergebnisse im Vergleich zum Basisszenario nicht signifikant verändert. Vergleicht man jedoch die Kombination der günstigsten Annahmen (24V\_min\_SQ-SQ\_0,75l-GlasMW) mit der Kombination der ungünstigsten Annahmen (24V\_max\_SQ-SQ\_0,75l-GlasMW), so zeigen sich deutliche Ergebnisunterschiede (ca. 20% im Mittel über alle Wirkungskategorien).

### 5.3.24.3 Zwischenfazit (LFD 24)

Für die 0,75 l Glas Mehrwegflasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 24) lassen sich folgende Aussagen hinsichtlich der Optimierungspotenziale zusammenfassen:

- ▶ Das Ökobilanzprofil des Verpackungssystems wird maßgeblich durch die Beiträge der Packstoffherstellung und der Abfüllung bestimmt. Die Umstellung auf erneuerbare Energieträger im Jahr 2030 ist daher eine wichtige Stellschraube für die Entwicklung des Ökobilanzprofils der Glas Mehrwegflasche. Auch kürzere Transportdistanzen und die Umstellung auf E-LKW in der Distribution sind wirkungsvolle Stellschrauben für die Ökobilanz des Verpackungssystems.
- ▶ Über alle Wirkungskategorien hinweg weisen interne Anpassungen des Verpackungssystems bis 2030 ein ähnliches Optimierungspotenzial auf wie die Veränderung der externen Rahmenbedingungen bis 2030. Konkrete Stellschrauben liegen in der Materialreduktion sowie dem erhöhten Einsatz von Sekundärmaterial.
- ▶ Bei den verpackungsspezifischen Optimierungen tragen insbesondere die Gewichtsreduktion und der erhöhte Einsatz von Sekundärmaterial bei Verschluss und Deckel zur prospektiven Reduktion der Umweltwirkungen bei.

- ▶ Hingegen weisen die Veränderungen der externen Rahmenbedingungen bis 2045 ein deutlich höheres Optimierungspotenzial auf als die internen Anpassungen des Verpackungssystems an den für 2045 angenommenen Zustand.
- ▶ Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich für die Wirkungskategorien Naturfremdheitspotenzial NFP und Krebsrisikopotenzial (CRP) ist dies nicht der Fall.
- ▶ Die Variation der Umlaufzahlen bzw. Transportentfernung zeigt, dass das größte Optimierungspotenzial weniger in der Varianz der Verpackungsspezifikationen als vielmehr in den veränderten Rahmenbedingungen liegt.

### 5.3.25 Ergebnisse des 1,0 l Getränkeverbundkartons im Getränkesegment Säfte und Nektare (LFD 25)

#### 5.3.25.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 25)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 167: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

Prozessschritt	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25B_SQ-30_1,0l-GVKEW	25B_30-30_1,0l-GVKEW	25B_30-45_1,0l-GVKEW	25B_45-45_1,0l-GVKEW
Herstellung Primärverpackung	105,86%	66,59%	40,96%	2,85%	2,81%
Herstellung Verschluss, Etikett	23,12%	13,30%	13,94%	0,76%	0,58%
Herstellung Um- und Transportverpackung	31,97%	2,63%	2,47%	4,05%	3,84%
Abfüllung	17,66%	4,09%	2,78%	0,24%	0,12%
Distribution	3,38%	2,78%	2,51%	0,05%	0,04%
Recycling/Entsortung	55,93%	45,19%	41,31%	1,56%	1,57%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-64,09%	-30,88%	-29,23%	-0,95%	-0,93%

Prozessschritt	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25B_SQ-30_1,0l-GVKEW	25B_30-30_1,0l-GVKEW	25B_30-45_1,0l-GVKEW	25B_45-45_1,0l-GVKEW
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-6,91%	-3,70%	-4,35%	-0,39%	-0,41%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>166,92%</b>	<b>100,00%</b>	<b>70,39%</b>	<b>8,16%</b>	<b>7,63%</b>

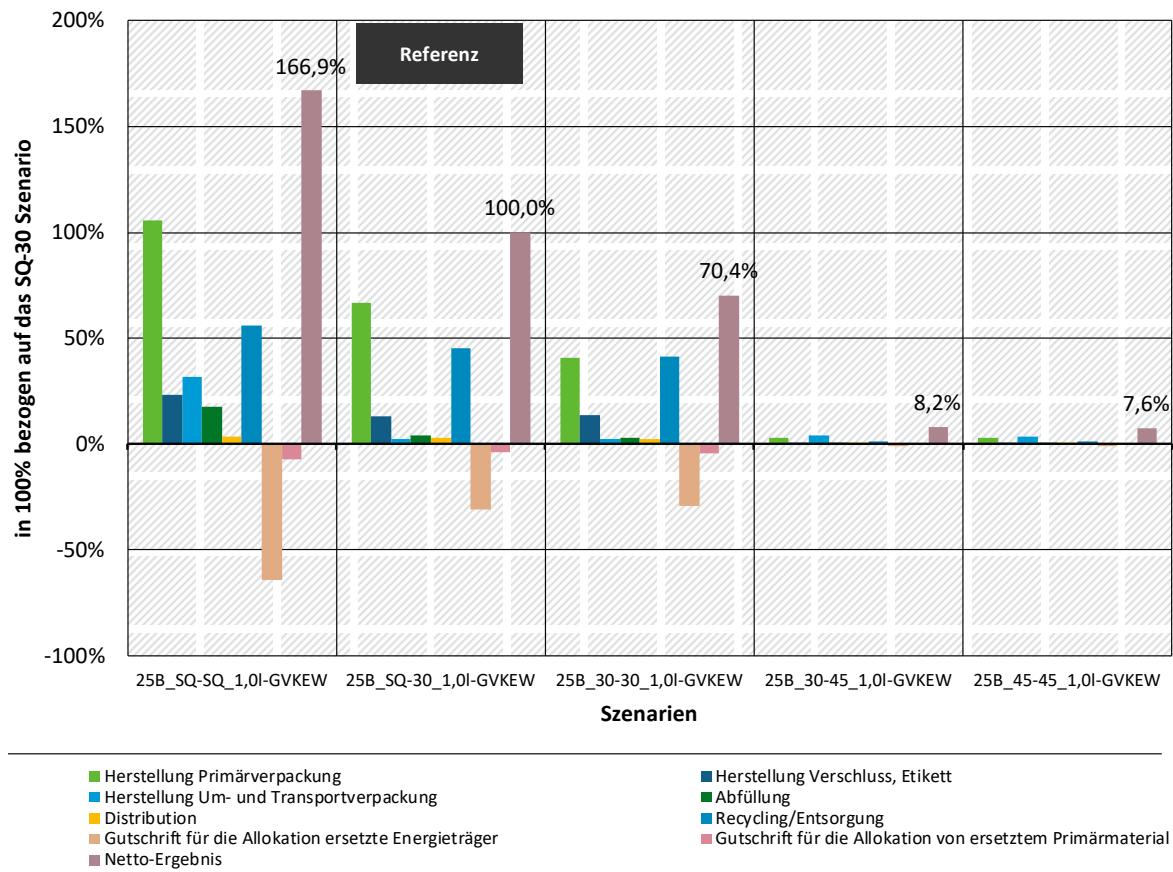
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 98: Sektorale Auswertung (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

realtive Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- Herstellung der Aluminium- und Kunststofffolien sowie des Rohkartons für den Getränkeverbundkarton - bestimmt durch die Verpackungsgewichte und die Materialzusammensetzung des Verbundes.
- Verwertung der Packmittel - bestimmt durch die Masse der Packmittel pro Funktionseinheit sowie die Aufteilung in stoffliche und energetische Verwertung.

- Gutschrift für die Allokation der ersetzen Primärenergieträger - bestimmt durch das Verpackungsgewicht und die Masse der Packmittel in der thermischen Verwertung.

Bis 2030 bleiben die oben benannten Lebenswegabschnitte ergebnisbestimmend:

- Die Einsparungen bei der Herstellung der Primärverpackung sind vor allem auf den Verzicht der Aluminiumbeschichtung ab 2030 zurückzuführen.
- Der große Einsparungssprung zwischen SQ und 2030 bei den Um- und Transportverpackungen ist auf die veränderte Datenbasis ab 2030 zurückzuführen und kann nicht auf interne Optimierungen zurückgeführt werden.
- Die Abfüllung, die beim Getränkeverbundkarton vor allem Strom benötigt, profitiert ab 2030 vom Ausstieg aus der Kohleverstromung.

Ab 2045 minimieren sich die THG-Emissionen unter Berücksichtigung aller Optimierungen über den gesamten Lebensweg betrachtet um ca. 92 %:

- Der Einfluss der externen Optimierungen ist ausschlaggebend für das große Einsparpotenzial ab 2045.
- Der Beitrag der Um- und Transportverpackungen wird zum ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitt. Es gelten die bereits zu LFD16 formulierten Aussagen zur Belastbarkeit der prospektiven Abbildung auf Basis des FEFCO Datensatzes.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 168: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

Wirkungskategorie	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25B_SQ-30_1,0l-GVKEW	25B_30-30_1,0l-GVKEW	25B_30-45_1,0l-GVKEW	25B_45-45_1,0l-GVKEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	276%	100%	67%	409%	392%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	165%	100%	75%	1%	1%
Naturfernpotenzial NFP	137%	100%	97%	675%	623%
Wasserverbrauch	147%	100%	101%	31%	28%

Wirkungskategorie	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25B_SQ-30_1,0l-GVKEW	25B_30-30_1,0l-GVKEW	25B_30-45_1,0l-GVKEW	25B_45-45_1,0l-GVKEW
Klimawandel total	218%	100%	36%	-88%	-69%
Klimawandel fossil	167%	100%	70%	8%	8%
Versauerung	134%	100%	73%	75%	70%
Sommersmog	156%	100%	81%	84%	80%
Stratosphärischer Ozonabbau	117%	100%	84%	102%	96%
aquatische Eutrophierung	205%	100%	115%	385%	371%
terrestrische Eutrophierung	155%	100%	81%	101%	96%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	12%	100%	27%	37%	33%
Feinstaub PM2,5	146%	100%	75%	84%	79%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- ▶ Die Wirkungskategorie Fossiler Klimawandel erreicht über den gesamten Lebensweg eine Reduktion der THG-Emissionen um 32 % bis 2030 und um 92 % bis 2045.
- ▶ Für die Wirkungskategorie kumulierter nicht erneuerbarer Energieverbrauch ergibt sich ein Reduktionspotenzial von 25 % bis 2030 und von 99 % bis 2045.
- ▶ Für die übrigen Wirkungskategorien lässt sich kein abnehmender Trend in der Entwicklung der Ergebnisse ableiten.

### 5.3.25.2 Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten (LFD 25)

Im Rahmen einer Variantenbetrachtung wird der Rohstoffeinsatz im Getränkeverbundkarton hinsichtlich der Kunststoffbarriere und des Verschlusses verändert. Die Ergebnisse der Variante auf Basis biobasierter Kunststoffe sowie mit Polymeren auf Basis des chemischen Recyclings werden nachfolgend dokumentiert.

**Tabelle 169: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 25) – inklusive Varianten**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

Wirkungskategorie	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25V_bio_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25V_rec_SQ-SQ_1,0l-GVKEW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	100%	71%	94%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	100%	55%	78%
Naturfernpotenzial NFP	100%	101%	100%
Wasserverbrauch	100%	97%	97%
Klimawandel total	100%	40%	104%
Klimawandel fossil	100%	81%	103%
Versauerung	100%	98%	97%
Sommersmog	100%	95%	96%
Stratosphärischer Ozonabbau	100%	100%	102%
aquatische Eutrophierung	100%	67%	82%
terrestrische Eutrophierung	100%	96%	97%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	100%	92%	101%
Feinstaub PM2,5	100%	97%	97%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Tabelle 170: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 25) – inklusive Varianten**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

Prozessschritt	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25V_bio_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25V_rec_SQ-SQ_1,0l-GVKEW
Herstellung Primärverpackung	105,86%	109,53%	108,99%
Herstellung Verschluss, Etikett	23,12%	24,65%	24,39%
Herstellung Um- und Transportverpackung	31,97%	31,97%	31,97%
Abfüllung	17,66%	17,66%	17,66%
Distribution	3,38%	3,38%	3,38%
Recycling/Entsorgung	55,93%	19,71%	52,87%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-64,09%	-64,25%	-62,39%
Gutschrift für die Allokation von ersetzen Primärmaterial	-6,91%	-7,05%	-5,48%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>166,92%</b>	<b>135,60%</b>	<b>171,38%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

Die geringsten Beiträge weist die Variante mit biobasierten Kunststoffen auf. Dies gilt für fast alle Wirkungskategorien. Die Variante mit Polymeren auf Basis des chemischen Recyclings weist derzeit im Status quo keine signifikanten Vorteile (aber auch keine signifikanten Nachteile) auf, da der Energiebedarf des chemischen Recyclings derzeit zu hohen Beiträgen im Rahmen des stofflichen Recyclings führt (in der Abbildung ist der Prozess dem Lebenswegabschnitt „Herstellung Kunststoff für Verbundkarton“ zugeordnet).

### 5.3.25.3 Zwischenfazit (LFD 25)

Für den 1,0 l Getränkeverbundkarton für Säfte und Nektare lässt sich folgendes Zwischenfazit formulieren:

- Die Ergebnisse bis zum Betrachtungszeitraum 2030 werden wesentlich von den Mengen der Primärverpackungskomponenten sowie deren Verwertung am Ende des Lebenszyklus bestimmt. Dabei ist der Verzicht auf Aluminium in der Verbundschicht und als Siegelfolie beim Verschluss eine wichtige interne Stellschraube, in Verbindung mit dem Einsatz von PtX Kunststoffen.

- Die Umsetzung aller externen Optimierungen bis 2030 bzw. 2045 hat einen deutlich größeren Einfluss auf die Ergebnisse als die Anpassung der Verpackungsspezifikationen an den für 2030 bzw. 2045 zu erwartenden Stand.
- Die Variation der eingesetzten Kunststoffe im Getränkeverbundkarton zeigt, dass das größte Optimierungspotenzial weniger in der Varianz der Verpackungsspezifikationen als vielmehr in den veränderten Rahmenbedingungen liegt.
- Die Variante mit biobasierten Kunststoffen in Folie und Verschluss weist in fast allen Wirkungskategorien die geringsten Beiträge auf.

### 5.3.26 Ergebnisse der 1,0 PET EW Flasche im Getränkesegment Säfte und Nektare (LFD 26)

#### 5.3.26.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 26)

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 171: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 26)**

LFD 26: 1,0 l PET EW Flasche, Getränkesegment Säfte und Nektare

Prozessschritt	26B_SQ-SQ_1,0l-PETEW	26B_SQ-30_1,0l-PETEW	26B_30-30_1,0l-PETEW	26B_30-45_1,0l-PETEW	26B_45-45_1,0l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	85,20%	58,91%	28,59%	1,30%	0,46%
Herstellung Verschluss, Etikett	11,17%	6,60%	6,99%	0,72%	0,63%
Herstellung Um- und Transportverpackung	7,55%	4,93%	4,38%	0,30%	0,27%
Abfüllung	4,91%	1,17%	0,78%	0,07%	0,03%
Distribution	6,35%	4,91%	4,66%	0,11%	0,10%
Recycling/Entsortung	49,53%	43,35%	28,94%	0,19%	0,20%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-21,46%	-6,22%	-3,94%	-0,24%	-0,16%
Gutschrift für die Allokation von ersetztprimärem Material	-16,63%	-13,65%	-10,02%	-0,44%	-0,15%

Prozessschritt	26B_SQ-SQ_1,0l-PETEW	26B_SQ-30_1,0l-PETEW	26B_30-30_1,0l-PETEW	26B_30-45_1,0l-PETEW	26B_45-45_1,0l-PETEW
Netto-Ergebnis	126,62%	100,00%	60,37%	2,00%	1,38%

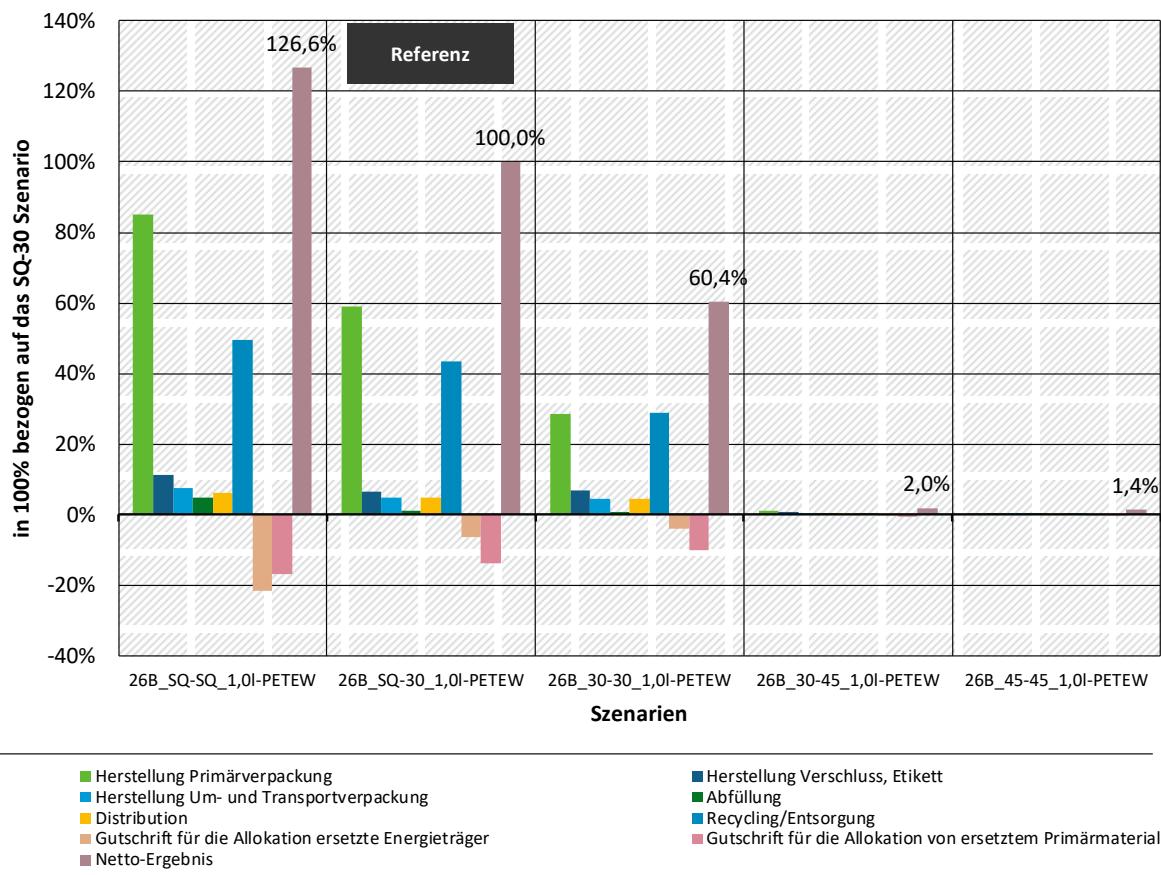
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 99: Sektorale Auswertung (LFD 26)**

LFD 26: 1,0 l PET EW Flasche, Getränkesegment Säfte und Nektare

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- ▶ Produktion des Kunststoffs (PET) und Herstellung der Flasche - bestimmt durch das Verpackungsgewicht im Sinne der Masse der Primärverpackung pro funktionaler Einheit und den Anteil an Sekundärmaterial im Flaschenkörper (rPET im Kreislauf geführt ersetzt primäres PET) sowie den Energieverbrauch bei der Produktion.
- ▶ Verpackungsrecycling - bestimmt durch die Masse an Verpackungen pro funktioneller Einheit und den Anteil an stofflicher und energetischer Verwertung.
- ▶ Gutschrift für die Allokation ersetzer Energieträger - bestimmt durch die Aufteilung zwischen energetischer und werkstofflicher Verwertung.

Bis 2030 bleiben die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte weiterhin die Herstellung der Primärverpackung sowie deren Verwertung am Ende des Lebensweges:

- Die Erhöhung des Sekundärmaterialanteils im Flaschenkörper auf 60 % ab 2030 reduziert den Beitrag der Primärmaterialherstellung. Auffällig ist, dass sich dadurch die Gutschrift für die Allokation von ersetzen Primärmaterial nur geringfügig verändert, obwohl für PET im geschlossenen Kreislauf keine Gutschrift erzielt werden kann. Gleichzeitig verringern sich die Gutschriften für die Allokation der ersetzen Energieträger. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in 2030 eine Verschiebung von der energetischen zu einer vermehrten werkstofflichen Verwertung der Saftflaschen angenommen wird.

Ab 2045 minimieren sich die THG-Emissionen unter Berücksichtigung aller Optimierungen über den gesamten Lebensweg betrachtet um ca. 99 %:

- Der Einfluss der externen Optimierungen ist entscheidend für das große Einsparpotenzial ab 2045.
- Interne Optimierungen auf dem für 2045 zu erwartenden Niveau, wie die weitere Erhöhung des Sekundärmaterialanteils im Flaschenkörper, der Einsatz von Rezyklat im Verschluss sowie Gewichtsreduzierungen, reduzieren vor allem den Beitrag der Herstellung der Primärverpackungskomponenten.
- Der ergebnisbestimmende Lebenswegabschnitt für den Betrachtungszeitraum 2045 bleibt die Herstellung der Primärverpackungskomponenten.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 172: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 26)**

LFD 26: 1,0 l PET EW Flasche, Getränkesegment Säfte und Nektare

Wirkungskategorie	26B_SQ-SQ_1,0l-PETEW	26B_SQ-30_1,0l-PETEW	26B_30-30_1,0l-PETEW	26B_30-45_1,0l-PETEW	26B_45-45_1,0l-PETEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	105%	100%	57%	46%	29%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	134%	100%	56%	0%	0%
Naturferne potenzial NFP	12%	100%	78%	122%	94%
Wasserverbrauch	180%	100%	73%	75%	56%

Wirkungskategorie	26B_SQ-SQ_1,0l-PETEW	26B_SQ-30_1,0l-PETEW	26B_30-30_1,0l-PETEW	26B_30-45_1,0l-PETEW	26B_45-45_1,0l-PETEW
Klimawandel total	127%	100%	59%	-1%	-1%
Klimawandel fossil	127%	100%	60%	2%	1%
Versauerung	112%	100%	59%	31%	19%
Sommersmog	126%	100%	60%	23%	14%
Stratosphärischer Ozonabbau	104%	100%	45%	40%	19%
aquatische Eutrophierung	357%	100%	64%	71%	55%
terrestrische Eutrophierung	124%	100%	61%	26%	17%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	6%	100%	52%	42%	22%
Feinstaub PM2,5	117%	100%	59%	27%	17%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg bis 2030 eine Minderung um 40 % und bis 2045 eine Minderung der THG-Emissionen um 99 %.
- ▶ Für die verbleibenden durch die Emission von Luftschadstoffen und Wasserschadstoffen beeinflussten Wirkungskategorien ergeben sich bis 2030 Minderungspotenziale von 39 % bis 55 % und bis 2045 Minderungspotenziale von 78 % bis 86 % bezogen auf das Referenzjahr SQ-30. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung, die nicht dem überwiegend beobachteten abnehmenden Trend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.
- ▶ Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die zu erzielenden Reduktionen bis 2030 bei ca. 43 %. Bis 2045 liegen die Ergebnisse zwischen 71 % und bis zu 100 % Minderung gegenüber dem Referenzszenario. Mit Ausnahme der Wirkungskategorie Naturfernenpotenzial NFP und des Wasserverbrauchs folgen diese nicht dem mehrheitlich beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse.

### 5.3.26.2 Zwischenfazit (LFD 26)

Für die 1,0 l PET EW Flasche im Getränkesegment Säfte und Nektare (LFD 26) lassen sich folgende Kernaussagen zusammenfassen:

- ▶ Die Ergebnisse werden im Wesentlichen durch das Verpackungsgewicht und den Rezyklatanteil im Flaschenkörper bestimmt. Die Erhöhung des Sekundärmaterialanteils in der Flasche bei gleichzeitiger Erhöhung der werkstofflichen Verwertungsquote stellt bis 2030 eine wesentliche Optimierung dar. Weitere wesentliche verpackungsspezifische

Optimierungen sind die Gewichtsreduktion der Flasche, aber auch von Verschluss und Etikett.

- Die externen Rahmenbedingungen für 2045 weisen ein deutlich höheres Optimierungspotenzial auf als die Anpassungen der Verpackung an den für 2045 zu erwartenden Zustand.
- Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich bei den Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP, Wasserverbrauch und Gewässereutrophierung ist dies nicht der Fall.

### **5.3.27 Ergebnisse der 1,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment Säfte und Nektare (LFD 27)**

#### **5.3.27.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 27)**

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 173: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 27)**

LFD 27: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment Säfte und Nektare

Prozessschritt	27B_SQ-SQ_1,5l -PETEW	27B_SQ-30_1,5l -PETEW	27B_30-30_1,5l -PETEW	27B_30-45_1,5l -PETEW	27B_45-45_1,5l -PETEW
Herstellung Primärverpackung	92,98%	62,88%	30,90%	1,42%	0,51%
Herstellung Verschluss, Etikett	10,82%	6,36%	6,73%	0,71%	0,60%
Herstellung Um- und Transportverpackung	6,64%	4,34%	3,86%	0,27%	0,25%
Abfüllung	5,35%	1,27%	0,85%	0,08%	0,03%
Distribution	1,76%	1,39%	1,28%	0,02%	0,02%
Recycling/Entsortung	50,54%	44,16%	29,01%	0,19%	0,21%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-21,66%	-6,28%	-3,88%	-0,24%	-0,15%
Gutschrift für die Allokation	-17,14%	-14,11%	-10,21%	-0,45%	-0,14%

Prozessschritt	27B_SQ-SQ_1,5l -PETEW	27B_SQ-30_1,5l -PETEW	27B_30-30_1,5l -PETEW	27B_30-45_1,5l -PETEW	27B_45-45_1,5l -PETEW
von ersetzen Primärmaterial					
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>129,28%</b>	<b>100,00%</b>	<b>58,53%</b>	<b>2,01%</b>	<b>1,32%</b>

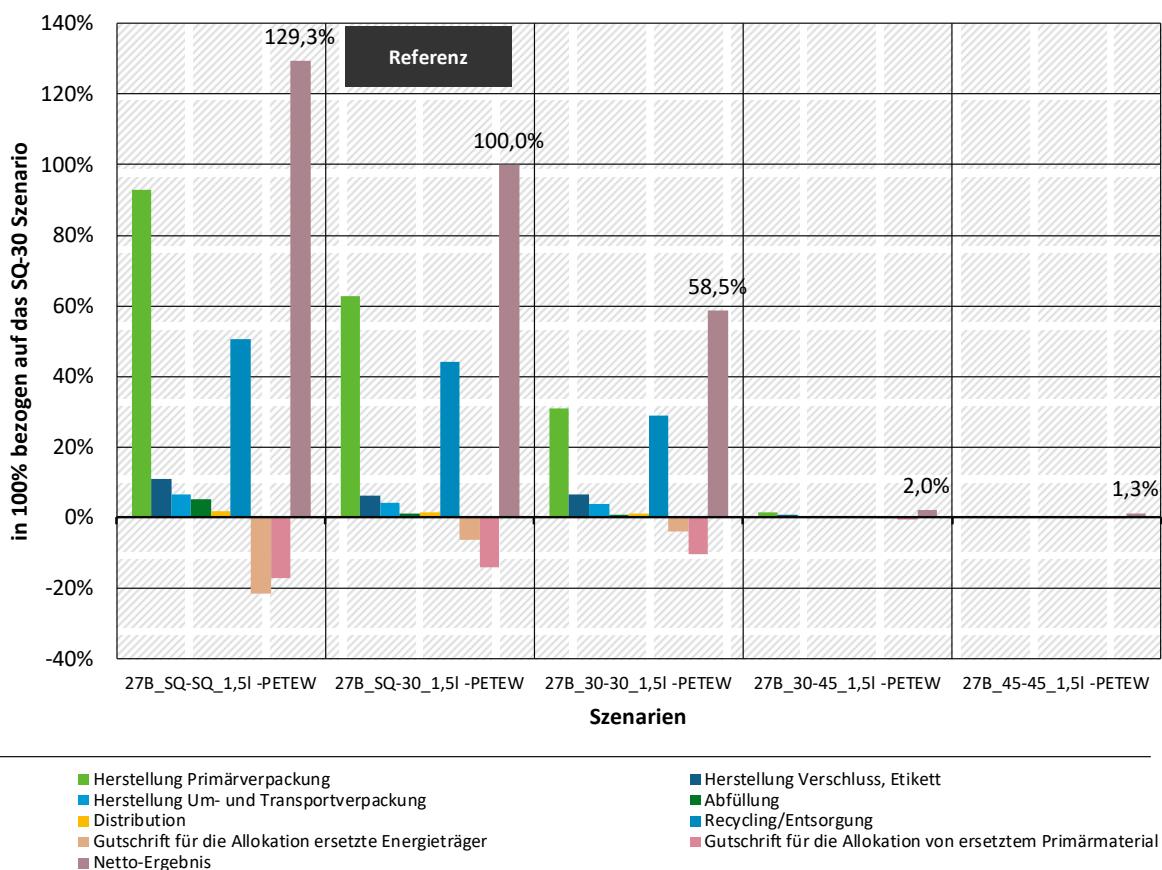
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 100: Sektorale Auswertung (LFD 27)**

LFD 27: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment Säfte und Nektare

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

realtive Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die prospektive Entwicklung der 1,5 l PET Einwegflasche für Säfte und Nektare zeigt das bereits von der 1,0 l PET Einwegflasche im gleichen Getränkesegment bekannte Muster. Aufgrund der unterschiedlichen Füllvolumina ergeben sich jedoch Abweichungen:

- ▶ Die Ergebnisse der 1,5 l PET-Einwegflasche liegen über alle Betrachtungszeiträume niedriger - bedingt durch die geringere Masse der Verpackung pro funktioneller Einheit.
- ▶ Dies wirkt sich auf alle Lebenswegabschnitte aus, insbesondere auf die Herstellung der Primärverpackungskomponenten und der Um- und Transportverpackungen sowie auf die Distribution.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 174: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 27)**

LFD 27: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment Säfte und Nektare

Wirkungskategorie	27B_SQ-SQ_1,5l -PETEW	27B_SQ-30_1,5l -PETEW	27B_30-30_1,5l -PETEW	27B_30-45_1,5l -PETEW	27B_45-45_1,5l -PETEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	104%	100%	57%	45%	27%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	136%	100%	55%	0%	0%
Naturfernepotenzial NFP	11%	100%	77%	120%	89%
Wasserverbrauch	180%	100%	73%	75%	53%
Klimawandel total	130%	100%	57%	-1%	-1%
Klimawandel fossil	129%	100%	59%	2%	1%
Versauerung	114%	100%	57%	31%	19%
Sommersmog	126%	100%	58%	23%	14%
Stratosphärischer Ozonabbau	105%	100%	44%	41%	19%
aquatische Eutrophierung	355%	100%	64%	70%	52%
terrestrische Eutrophierung	124%	100%	60%	27%	17%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	6%	100%	52%	41%	21%
Feinstaub PM2,5	118%	100%	58%	27%	16%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg bis 2030 eine Minderung um 41 % und bis 2045 eine Minderung der THG-Emissionen um 99 %.
- ▶ Für die verbleibenden luft- und wasserschadstoffgetriebenen Wirkungskategorien ergeben sich bis 2030 Minderungspotenziale von 40 % bis 56 % und bis 2045 Minderungspotenziale von 79 % bis 84 % bezogen auf das Referenzjahr SQ-30. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung, die nicht dem überwiegend beobachteten abnehmenden Trend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.
- ▶ Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die zu erzielenden Reduktionen bis 2030 bei ca. 44 %. Bis 2045 liegen die Ergebnisse zwischen 73 % und bis zu 100 % Minderung gegenüber dem Referenzszenario. Mit Ausnahme der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP und des Wasserverbrauchs folgen diese nicht dem mehrheitlich beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse.

### **5.3.27.2 Zwischenfazit (LFD 27)**

Für die 1,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment Säfte und Nektare (LFD 27) lassen sich analog der 1,0 l PET EW Flasche desselben Getränkesegments folgende Kernaussagen zusammenfassen:

- ▶ Die Ergebnisse werden im Wesentlichen durch das Verpackungsgewicht und den Rezyklatanteil im Flaschenkörper bestimmt. Die Erhöhung des Sekundärmaterialanteils in der Flasche bei gleichzeitiger Erhöhung der werkstofflichen Verwertungsquote stellt bis 2030 eine wesentliche Optimierung dar. Weitere wesentliche verpackungsspezifische Optimierungen sind die Gewichtsreduktion der Flasche, aber auch von Verschluss und Etikett.
- ▶ Die externen Rahmenbedingungen für 2045 weisen ein deutlich höheres Optimierungspotenzial auf als die Anpassungen der Verpackung an den für 2045 zu erwartenden Zustand.
- ▶ Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich bei den Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP, Wasserverbrauch und Gewässereutrophierung ist dies nicht der Fall.

### **5.3.28 Ergebnisse der 1,0 l Glas MW Pool Flasche im Getränkesegment Säfte und Nektare (LFD 28)**

#### **5.3.28.1 Wirkungsabschätzung der Basisszenarien (LFD 28)**

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung dargestellt. Die Wirkungskategorie Klimawandel wird grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet, die übrigen Wirkungskategorien werden tabellarisch dokumentiert.

**Tabelle 175: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 28)**

LFD 28: 1,0 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment Säfte und Nektare

Prozessschritt	28B_SQ-SQ_1,0l-GlasMWP	28B_SQ-30_1,0l-GlasMWP	28B_30-30_1,0l-GlasMWP	28B_30-45_1,0l-GlasMWP	28B_45-45_1,0l-GlasMWP
Herstellung Primärverpackung	33,45%	21,47%	19,88%	0,39%	0,33%
Herstellung Verschluss, Etikett	30,91%	17,96%	17,81%	2,92%	2,77%
Herstellung Um- und Transportverpackung	2,33%	0,89%	0,89%	0,34%	0,35%
Abfüllung	35,32%	28,30%	8,52%	0,81%	0,47%
Distribution	45,68%	35,90%	32,51%	0,60%	0,55%
Recycling/Entsorgung	5,39%	4,27%	4,14%	0,10%	0,09%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-3,32%	-0,98%	-0,96%	-0,06%	-0,06%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-14,04%	-7,81%	-7,71%	-0,05%	-0,04%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>135,72%</b>	<b>100,00%</b>	<b>75,09%</b>	<b>5,06%</b>	<b>4,45%</b>

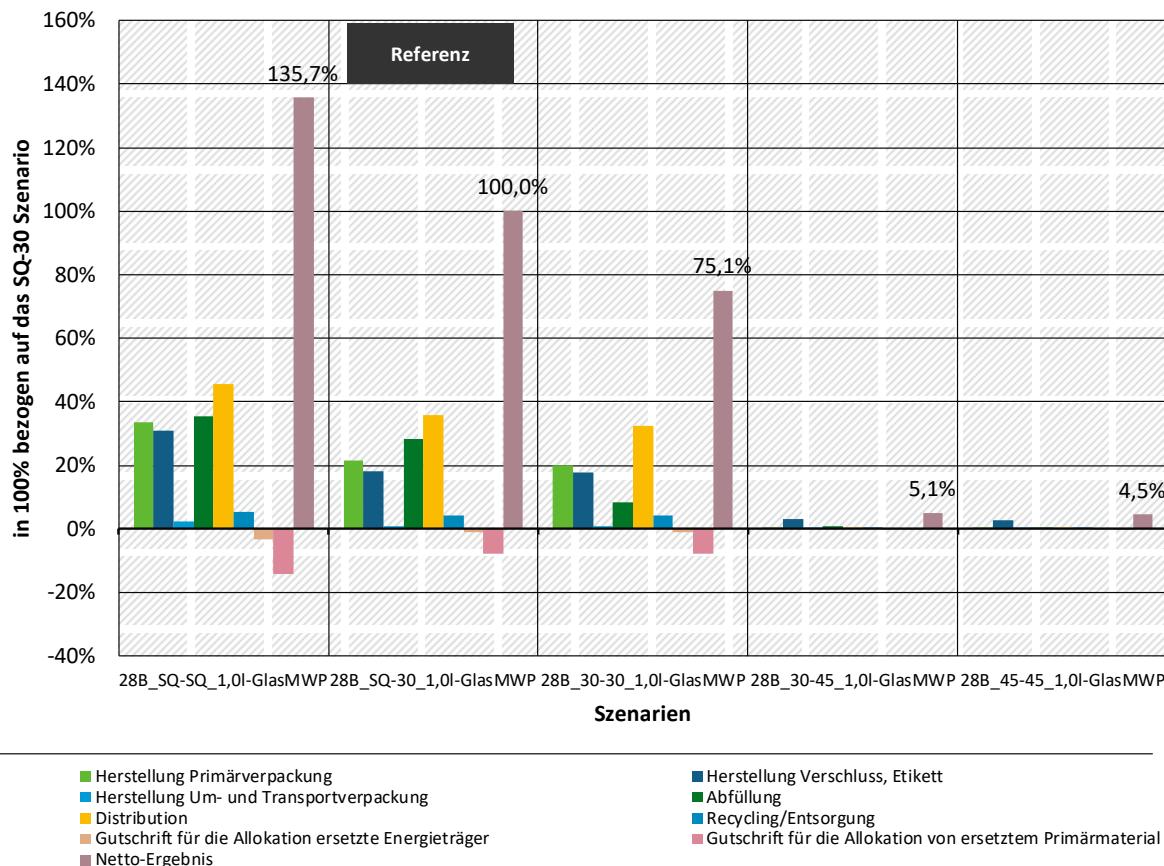
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 101: Sektorale Auswertung (LFD 28)**

LFD 28: 1,0 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment Säfte und Nektare

**Ergebnisse Klimawandel (GWP fossil)**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Die ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte im Status quo sind:

- ▶ Distribution – bestimmt durch die Packmittelgewichte und die Distributionsentfernungen
- ▶ Abfüllung – bestimmt durch die Energieaufwendungen (elektrisch und thermisch)
- ▶ Herstellung der Packmittel – bestimmt durch die Gewichte der Einwegkomponenten und die Umlaufzahl der Mehrwegpackmittel

Im Jahr 2030 sind die THG-Emissionen aus der Abfüllung aufgrund der Umstellung der thermischen Energieträger auf erneuerbaren Strom stark zurückgegangen. Distribution und Packmittelherstellung bleiben jedoch die Lebenswegabschnitte mit den höchsten THG-Emissionen. Im Jahr 2045 gehen auch diese Beiträge vor allem aufgrund der veränderten Rahmenbedingungen zurück. Die Herstellung der Verschlüsse und Etiketten liefert in 2045 die höchsten THG-Beiträge zum Ergebnis.

Die nachfolgende Tabelle fasst die Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien für die betrachteten Zeiträume zusammen. Sie vermittelt damit einen Gesamtüberblick über die ökobilanzielle Entwicklung des Verpackungssystems und beleuchtet Abweichungen von dem für die Wirkungskategorie Klimawandel abgeleiteten Trend.

**Tabelle 176: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 28)**

LFD 28: 1,0 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment Säfte und Nektare

Wirkungskategorie	28B_SQ-SQ_1,0l-GlasMWP	28B_SQ-30_1,0l-GlasMWP	28B_30-30_1,0l-GlasMWP	28B_30-45_1,0l-GlasMWP	28B_45-45_1,0l-GlasMWP
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	120%	100%	87%	79%	71%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	125%	100%	73%	2%	2%
Naturfernpotenzial NFP	7%	100%	96%	125%	119%
Wasserverbrauch	126%	100%	78%	77%	75%
Klimawandel total	138%	100%	74%	0%	-1%
Klimawandel fossil	136%	100%	75%	5%	4%
Versauerung	135%	100%	90%	51%	45%
Sommersmog	162%	100%	80%	48%	43%
Stratosphärischer Ozonabbau	119%	100%	96%	44%	35%
aquatische Eutrophierung	75%	100%	91%	86%	82%
terrestrische Eutrophierung	149%	100%	82%	52%	46%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	6%	100%	107%	145%	133%
Feinstaub PM2,5	147%	100%	86%	48%	43%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

- ▶ Die Wirkungskategorie Klimawandel fossil erreicht über den gesamten Lebensweg eine Reduktion der THG-Emissionen um 25 % bis 2030 und um 96 % bis 2045.
- ▶ Für die übrigen luftschadstoffgetriebenen Wirkungskategorien ergeben sich bis 2030 Minderungspotenziale zwischen 4 % und 18 % und bis 2045 Minderungspotenziale zwischen 19 % und 65 % bezogen auf das Basisjahr SQ-30. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie Krebsrisikopotenzial (CRP), die nicht dem überwiegend beobachteten abnehmenden Trend der Ergebnisentwicklung folgt.

- Für die ressourcenbezogenen Wirkungskategorien liegen die bis 2030 zu erzielenden Reduktionen zwischen 13 % und 27 %. Bis 2045 können Minderungen zwischen 29 % und bis zu 98 % gegenüber dem Referenzszenario erreicht werden. Eine Ausnahme bildet die Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP, die nicht dem überwiegend beobachteten Abwärtstrend in der Entwicklung der Ergebnisse folgt.

### 5.3.28.2 Ergebnisse der Varianten und Sensitivitäten

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wird eine stark regionale Distributionsstruktur bilanziert. Die Ergebnisse unterscheiden sich somit nur im Lebenswegabschnitt „Distribution“. In Abhängigkeit der Relevanz dieses Lebenswegabschnittes an den Gesamtergebnissen, bewegen sich die bilanzierten Reduktionen des Nettoergebnisses zwischen 11% und 18% (mit Ausnahme der Lebenswegabschnitte, in denen die Distribution derzeit keine Rolle spielt, bspw. aquatische Eutrophierung).

**Tabelle 177: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 28) SQ-SQ – inklusive Sensitivität**

LFD 28: 1,0 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment Säfte und Nektare

Wirkungskategorie	28B_SQ-SQ_1,0l-GlasMWP	28S_T_SQ-SQ_1,0l-GlasMWP
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	100%	92%
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	100%	85%
Naturfernepotenzial NFP	100%	100%
Wasserverbrauch	100%	100%
Klimawandel total	100%	84%
Klimawandel fossil	100%	85%
Versauerung	100%	88%
Sommersmog	100%	86%
Stratosphärischer Ozonabbau	100%	81%
aquatische Eutrophierung	100%	100%
terrestrische Eutrophierung	100%	85%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	100%	80%
Feinstaub PM2,5	100%	88%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Tabelle 178: Klimawandel (GWP fossil): Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 28) SQ-SQ – inklusive Sensitivität**

LFD 28: 1,0 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment Säfte und Nektare

Prozessschritt	28B_SQ-SQ_1,0l-GlasMWP	28S_T _SQ-SQ_1,0l-GlasMWP
Herstellung Primärverpackung	100%	100%
Herstellung Verschluss, Etikett	100%	100%
Herstellung Um- und Transportverpackung	100%	100%
Abfüllung	100%	100%
Distribution	100%	54%
Recycling/Entsorgung	100%	100%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	100%	100%
Gutschrift für die Allokation von ersetzttem Primärmaterial	100%	100%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>100%</b>	<b>85%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

Die Verkürzung der Distributionsdistanz von 274,8 km auf 150 km vom Abfüllbetrieb bis zur Verkaufsstelle führt zu einer Reduktion der Nettoergebnisse für fast alle betrachteten Wirkungskategorien (Ausnahme: Naturfernepotenzial, Wasserverbrauch und Gewässereutrophierung). Die Reduktionen liegen zwischen 8% und 15%. Die Minderung wird durch die Relevanz des Lebenswegabschnitts Verteilung am Nettoerlös der jeweiligen Wirkungskategorie bestimmt.

Ein Blick auf die Ergebnisse der Treibhausgasbilanzierung zeigt, dass eine Reduktion der Lasten aus der Distribution um 46 % zu einer Reduktion der Nettolasten um 15 % führt. Die Analyse zeigt auch, dass die Distributionslasten linear mit den Transportkilometern zusammenhängen. Eine Reduktion der Distanz um 46% führt auch zu einer Reduktion der Umweltbelastungen im Lebenswegabschnitt Distribution um 46%.

### 5.3.28.3 Zwischenfazit (LFD 28)

Für die 1,0 l Glas Mehrwegflasche für Säfte und Nektare (LFD 28) lassen sich folgende Aussagen hinsichtlich der Optimierungspotenziale zusammenfassen:

- Das ökobilanzielle Profil des Verpackungssystems wird wesentlich durch die Beiträge der Packmittelherstellung, der Distribution und der Abfüllung bestimmt. Die Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energieträger im Jahr 2030 ist daher eine wichtige

Stellschraube. Auch kürzere Transportdistanzen und die Umstellung auf E-LKW in der Distribution sind wirkungsvolle Stellschrauben für die Ökobilanz des Verpackungssystems. Weitere Stellschrauben liegen in der Materialreduktion von Verschluss und Etikett sowie dem erhöhten Einsatz von Sekundärmaterial sowohl in Verschluss und Etikett als auch im Primärkörper des Verpackungssystems.

- ▶ Veränderungen der externen Rahmenbedingungen für 2030 bzw. 2045 weisen ein deutlich größeres Optimierungspotenzial auf als interne Anpassungen des Verpackungssystems an den für 2030 bzw. 2045 angenommenen Zustand. Hierunter fällt insbesondere auch die Umstellung der Gebindereinigung auf erneuerbare Energien, die von den Akteuren selbst vorgenommen werden muss.
- ▶ Bei den verpackungsspezifischen Optimierungen tragen insbesondere die Gewichtsreduktion und der erhöhte Einsatz von Sekundärmaterial bei Verschluss und Deckel zur prospektiven Reduktion der Umweltwirkungen bei.
- ▶ Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien zeigt sich der für den Klimawandel abgeleitete kontinuierliche Abwärtstrend der Ergebnisse. Lediglich für die Wirkungskategorien Naturfernpotenzial NFP und Krebsrisikopotenzial (CRP) ist dies nicht der Fall.
- ▶ Die Variation der Transportentfernung zeigt, dass eine stark regionalisierte Verteilungsstruktur die Ergebnisse der meisten Umweltwirkungskategorien um 10 % bis 15 % reduzieren kann.

### **5.3.29 Übergreifendes Zwischenfazit der ökobilanziellen Berechnungen**

Im Rahmen dieses Unterkapitels sollen aus den wesentlichen Erkenntnissen der Gesamtschau der Ergebnisse übergreifende Trends abgeleitet und Abweichungen davon benannt werden. Dabei sollen die eingangs in Kapitel 5 formulierten Fragen nochmals im Mittelpunkt stehen:

- ▶ Wie groß ist die aktuelle Varianz innerhalb der Status quo Systeme?
- ▶ Wie groß ist das Optimierungspotenzial bis 2030 (intern und extern)?
- ▶ Was ist größer? Die Varianz oder die antizipierten Optimierungen?
- ▶ Wie verändern sich die Ergebnisse bis 2045?
- ▶ Was sind derzeit die bestimmenden Parameter in der Bilanz der jeweiligen Systeme (Stellschraubenanalyse) und welche Parameter sind 2030/2045 relevant?

#### **5.3.29.1 Trends in der prospektiven Entwicklung der Verpackungssysteme**

Grundsätzlich lassen sich die folgenden Schlussfolgerungen ziehen

- ▶ Die prinzipielle Richtung der Ergebnisse ist für alle untersuchten Verpackungssysteme ähnlich.
- ▶ Die Ergebnisse unterscheiden sich jedoch zwischen den verschiedenen Verpackungsgruppen (PET EW, Aludose, Glas MW, PET MW, GVK).
- ▶ Die Ergebnisse der einzelnen bilanzierten Verpackungssysteme innerhalb einer Verpackungsgruppe sind jedoch sehr ähnlich.

Als wesentliche Kenngröße für die Plausibilisierung der vorliegenden Ergebnisse und das Identifizieren von Trends in der prospektiven Entwicklung der untersuchten Verpackungssysteme dienen die Wirkungskategorien **Klimawandel fossil** und **KEA fossil**. Anhand dieser Kategorien kann geprüft werden, ob die Verpackungssysteme die im GreenSupreme Szenario der RESCUE Studie definierten Anforderungen an Dekarbonisierung und Defossilisierung erfüllen. Die Ergebnisse der ökobilanziellen Berechnung zeigen:

- ▶ Bis 2045 erreichen alle in der vorliegenden Studie untersuchten Verpackungssysteme mindestens > 90 % Minderung bei den THG-Emissionen.
- ▶ Bis 2045 erreichen alle in der vorliegenden Studie untersuchten Verpackungssysteme mindestens > 97 % Minderung beim KEA-fossil.
- ▶ Da somit alle Verpackungssysteme die Zielwerte der Dekarbonisierung und Defossilisierung erreichen, können die Ergebnisse und die der Bilanzierung zugrundeliegenden Datensätze als plausibel erachtet werden.

Die Auswertung der übrigen im Rahmen der Ökobilanz untersuchten Umweltwirkungskategorien zeigt, dass die starken Reduktionen der THG-Emissionen und der fossilen KEA keinen allgemeinen Trend für alle bilanzierbaren Umweltwirkungen darstellen:

In den primär von **luftgetragenen Schadstoffen beeinflussten Wirkungskategorien** (Versauerung, terrestrische Eutrophierung, Sommersmog, ODP, Feinstaub und Krebsrisiko) erreichen die untersuchten Verpackungssysteme bezogen auf das Referenzszenario SQ-30 bis 2045 - von wenigen Ausnahmen abgesehen - Minderung zwischen 30% bis 70%.

- ▶ Dieses Ergebnis zeigt, dass verschiedene Luftschadstoffe auch in einer dekarbonisierten und defossilisierten Welt eine Rolle spielen können. Sei es, weil sie aus Verbrennungsprozessen von fossilen Brennstoffen oder Erdgas stammen, oder sei es, weil sie aus anderen Quellen stammen (z.B. Feinstaub aus Reifenabrieb).
- ▶ Im Sinne eines Zwischenfazits kann jedoch festgehalten werden, dass die Dekarbonisierung und Defossilisierung der in dieser Studie untersuchten Getränkeverpackungen mit positiven Effekten auf die Luftqualität einhergeht. Mögliche Verlagerungs- und Reboundeffekte der internen und externen Optimierung zeigen sich in den Umweltwirkungskategorien der luftgetragenen Emissionen nicht.

In der Wirkungskategorie **aquatische Eutrophierung**, die vor allem durch Schadstoffeinträge in die Gewässer beeinflusst wird, zeigen sich für einige Verpackungssysteme gegenläufige Trends:

- ▶ Verpackungssysteme mit einem hohen Anteil an faserbasierten Materialien sind auch hier besonders betroffen. Der vermehrte Einsatz von Recyclingfasern in Um- und Transportverpackungen in den Zukunftsszenarien führt zu einem Anstieg der direkten Abwasseremissionen. Diese schlagen sich in der Gewässereutrophierung nieder.

Wesentlich schwieriger gestaltet sich die Bewertung der ressourcenbezogenen Umweltwirkungskategorien, die nicht oder nicht ausschließlich durch den Bedarf an fossilen Ressourcen beeinflusst werden:

- ▶ Der kumulierte Ressourcenaufwand KRA fasst alle fossilen, mineralischen und biotischen Ressourcen in gewichteter Form zusammen. Dadurch können Reduktionen in einer Ressourcenkategorie durch einen erhöhten Bedarf in einer anderen Ressourcenkategorie kompensiert werden. Dies führt dazu, dass in der Bewertung einige Systeme bis zu 70 % Minderung in der Wirkungskategorie KRA bis 2045 aufweisen, andere Systeme aber ihren

Beitrag zum KRA fast vervierfachen. Die Verdichtung und Gewichtung innerhalb der Wirkungskategorie erschweren die Auswertung. Auffällig ist, dass insbesondere Systeme, die einen hohen Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen haben hohe bzw. steigende Beiträge im KRA zeigen.

- ▶ Die Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP zeigt für alle bilanzierten Verpackungssysteme einen gegenläufigen Trend (Zunahme der Nettoergebnisse bis 2045). Dies zeigt sich insbesondere bei Verpackungssystemen mit einem hohen Anteil an faserbasierten Materialien (sowohl bei Primär- als auch bei Um- und Transportverpackungen). Als Grund hierfür kann das Zusammenspiel zwischen dem zunehmenden Einsatz von Recyclingfasern und der Umstellung auf Strom aus erneuerbaren Energiequellen in den prospektiven Betrachtungszeiträumen genannt werden, denn auch Windenergieanlagen gehen mit einer hohen Flächeninanspruchnahme in die Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP ein. Da die Aufbereitung zu Recyclingfasern energieintensiver als die Herstellung von Frischfasern zeigt sich in dieser Wirkungskategorie auch kein Reduktionspotenzial durch den Ersatz primärer Fasern durch Sekundärmaterial. Es bleibt jedoch zu diskutieren, ob das zugrunde gelegte Modell der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP für die Ziele der vorliegenden Studie als geeignet einzustufen ist und dem angestrebten Erkenntnisgewinn dienlich ist.
- ▶ Die ressourcenbezogene Wirkungskategorie Wasserverbrauch zeigt für alle untersuchten Getränkeverpackungssysteme eine Reduktion bis 2045 zwischen 25 % und 50 %, mit Ausnahme der Getränkendose, bei der die Beiträge bis 2045 um bis zu 25 % steigen. Die Ergebnisse dieser Wirkungskategorie werden in den meisten Fällen durch die direkten Verbrauchsdaten in den Prozessen Abfüllung und Recycling beeinflusst. Eine Erhöhung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen führt somit auch zu einer Erhöhung des Wasserverbrauchs. Trifft dieser Effekt auf ein System mit sehr geringem Wasserverbrauch im Status quo zu, so ergibt sich in der Bewertung ein negativer Trend. Grundsätzlich ist anzumerken, dass die Wirkungskategorie Wassernutzung in der Ökobilanz aufgrund der verwendeten Daten derzeit noch keine Aussagen über die regionale Kritikalität der Wassernutzung zulässt. Die Ergebnisse sind daher eher auf der Ebene einer Sachbilanzgröße anzusiedeln, die als Proxy-Indikator für die Umweltwirkungen der Wassernutzung dient.

Die Auswertung der emissions- und ressourcenbezogenen Wirkungskategorien in dieser Studie zeigt, dass es neben positiven Effekten auf die Luftqualität auch zu mutmaßlichen Verlagerungseffekten durch Dekarbonisierung und Defossilisierung in Richtung der Nutzung natürlicher Ressourcen wie mineralische Rohstoffe, Fläche, Biomasse und ggf. auch Wasser sowie Gewässergüte kommen kann. Allerdings muss an dieser Stelle auch darauf hingewiesen werden, dass die bilanzierten Ergebnisse mit hohen Unsicherheiten behaftet sind, da a) die Datengrundlagen nicht für alle Prozesse konsistent sind und b) die den Umweltwirkungen zugrundeliegenden Bewertungsmodelle noch erheblicher Weiterentwicklung bedürfen. Dies betrifft insbesondere die Gewichtungsfaktoren innerhalb der Wirkungskategorien KRA und Naturfernepotenzial NFP, aber auch die bisher nicht in den Datengrundlagen und Modellen konsequent umgesetzte Möglichkeit, den Wasserverbrauch anhand der reinen Wasserentnahme zu bewerten.

### **5.3.29.2 Bewertung der Optimierungen**

Aus der prospektiven Entwicklung der Ergebnisse lassen sich zwei unterschiedliche Optimierungspotenziale ableiten:

- ▶ Das interne Optimierungspotenzial bezieht sich auf verpackungsspezifische Parameter (Gewichte, Umlaufzahlen, Materialzusammensetzung, Entsorgungswege, Distribution, Prozessdaten).
- ▶ Das externe Optimierungspotenzial ergibt sich aus Veränderungen der äußeren Rahmenbedingungen. Hierzu zählen u.a. die Veränderung des Energieträgermixes und die Veränderung der Rohstoffbasis).

Das interne Optimierungspotenzial lässt sich aus dem Vergleich der SQ-30-Szenarien mit den symmetrischen 30-30-Szenarien ableiten:

- ▶ Für alle untersuchten Verpackungssysteme aus Glas und PET sowie für den Getränkeverbundkarton zeigen die Ergebnisse je nach Wirkungskategorie eine Reduktion von ca. 20 % bis 30 %.
- ▶ Bei der Aluminiumdose ist das interne Optimierungspotenzial mit Reduktionen von 10 % bis 15 % etwas geringer.

Die Optimierungen haben eine unterschiedlich starke Wirkung auf die verschiedenen Lebenswegabschnitte der untersuchten Verpackungssysteme:

- ▶ Für Mehrweggebinde aus Glas und PET ist die Befüllung und Reinigung der Gebinde ein wichtiger Lebensabschnitt. Die Umstellung der Energieträger von Öl und Gas auf Strom bietet daher ein hohes Optimierungspotenzial für Mehrweggebinde.
- ▶ Die Ergebnisse der Einweggebinde werden im Wesentlichen durch das Primärverpackungsgewicht und den Sekundärmaterialanteil bestimmt. Gewichtsreduktion, Erhöhung des Sekundärmaterialanteils und ein optimiertes Verhältnis von Füllvolumen zu Packmittelmenge sind daher wichtige interne Stellschrauben. Für Getränkeverbundkartons ist zudem der Verzicht auf Aluminiumfolien im Verbund ein großes Optimierungspotenzial

Das externe Optimierungspotenzial lässt sich aus dem Vergleich der 30-30-Szenarien mit den 30-45-Szenarien ableiten:

- ▶ Der Vergleich zwischen diesen beiden Szenarien zeigt für alle Verpackungssysteme eine deutlich höhere Reduktion als zwischen den Szenarien SQ-30 und symmetrisch 30-30 (internes Optimierungspotenzial).
- ▶ Daraus lässt sich ableiten, dass in der prospektiven Entwicklung der Verpackungssysteme das Fortschreiten der Energiewende hin zur Umsetzung der Annahmen des Szenarios GreenSupreme die größte Stellschraube darstellt.

Die Modellierung der Zukunftsszenarien basiert vollständig auf der Datenbasis von Ecoinvent. Hinsichtlich der Modellierung sind bei der Bewertung der Optimierungen folgende Einschränkungen zu beachten:

- ▶ In der Ecoinvent-Datenbank sind derzeit keine Bestandsdaten für eine elektrisch beheizte Glasschmelzwanne verfügbar. Für die Zukunftsszenarien der Glas Mehrweggebinde wird daher keine Änderung der Befeuerungsart der Glaswanne abgebildet (außer dem Abtausch fossiler Energieträger durch erneuerbare Energieträger). Dies hat zur Folge, dass die Belastungen für Glas Mehrweggebinde im Jahr 2045 wahrscheinlich überschätzt werden.
- ▶ Ebenso liegt für die prospektiven Szenarien des Getränkeverbundkartons kein Datensatz für LPB aus Recyclingfasern vor.

## 5.4 Ergänzende Auswertungen

### 5.4.1 Sektorale Auswertung weiterer Wirkungskategorien für ausgewählte Basisszenarien

Die im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Ergebnisse haben für die Wirkungskategorie „Klimawandel fossil“ eine kontinuierliche Reduktion der THG-Emissionen bis 2045 gezeigt. Dieser Trend kann jedoch nicht durchgängig für alle Wirkungskategorien beobachtet werden. In diesem Abschnitt werden daher die Wirkungskategorien Naturfremdstoffpotenzial NFP, Gewässereutrophierung und Versauerung für ausgewählte Verpackungen sektorale ausgewertet und gegenläufige Trends aufgezeigt.

#### 5.4.1.1 Ergebnisse der 0,5 l Getränkendose aus Aluminium im Getränkesegment Bier (LFD 02)

Hier werden die Ergebnisse der Wirkungskategorien Naturfernpotenzial NFP, aquatische Eutrophierung und Versauerung grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet und tabellarisch in relativer Darstellung dokumentiert.

**Tabelle 179: Naturfernpotenzial NFP: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

Prozessschritt	2B_SQ-Q_0,5l-AluEW	2B_SQ-30_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_30-45_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
Herstellung Primärverpackung	6,42%	25,01%	15,21%	17,04%	15,58%
Herstellung Verschluss, Etikett	1,95%	18,87%	13,61%	12,62%	9,53%
Herstellung Um- und Transportverpackung	68,44%	69,16%	65,73%	109,71%	104,04%
Abfüllung	0,12%	0,19%	0,16%	0,14%	0,06%
Distribution	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Recycling/Entsorgung	0,08%	1,81%	1,78%	4,22%	4,11%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-0,09%	-0,17%	-0,15%	-0,28%	-0,26%
Gutschrift für die Allokation von ersetzttem Primärmaterial	-0,94%	-14,87%	-7,42%	-7,26%	-4,98%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>76,01%</b>	<b>100,00%</b>	<b>88,91%</b>	<b>136,19%</b>	<b>128,07%</b>

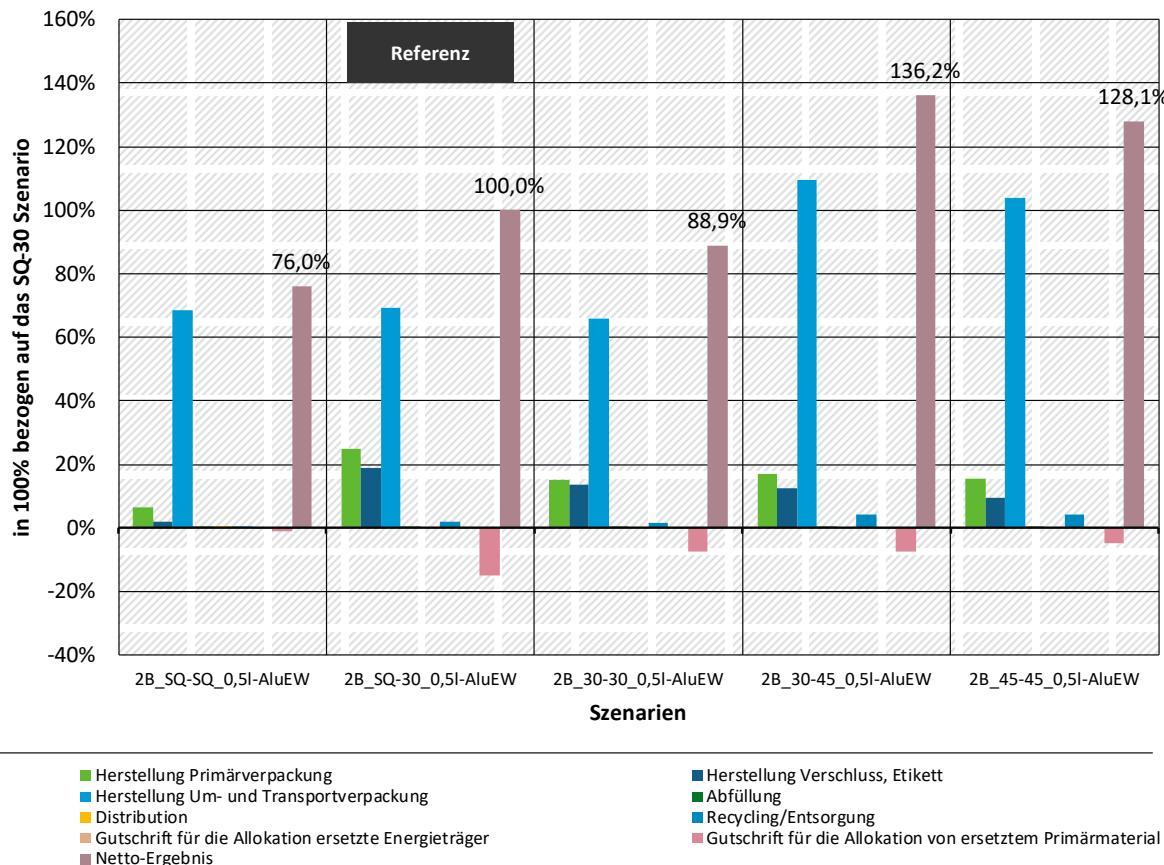
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 102: Sektorale Auswertung Naturfernepotenzial (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

**Naturfernepotenzial NFP**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Der gegenläufige Trend in der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP ist auf die zunehmenden Beiträge aus den Lebenswegabschnitten „Herstellung Um- und Transportverpackung“ und „Recycling/Entsorgung“ zurückzuführen.

Als Grund für die zunehmenden Beiträge in diesen Lebenswegabschnitten ist das Fortschreiten der Energiewende hin zu einer defossilierten (Energie-)Produktion bis 2045 anzuführen, denn:

- ▶ Windenergieanlagen gehen in das Modell der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP mit einem hohen Flächenimpact ein.
- ▶ Der Einsatz von PtX-basierten Lösemitteln führt zu zunehmenden Beiträgen bei der Herstellung der Aluminiumdose.
- ▶ Beim Lebenswegabschnitt der Verwertung sind die zunehmenden Beiträge direkt an den erhöhten Strombedarf für das Recycling gekoppelt.
- ▶ Bei der Um- und Transportverpackung führt der zunehmende Einsatz von Recyclingfasern, und der damit einhergehende größerer Strombedarf sowie der Einsatz von PtX-Kunststoffen für die Folierung zu höheren Flächennutzungsbeiträgen.

**Tabelle 180: Aquatische Eutrophierung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

Prozessschritt	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2B_SQ-30_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_30-45_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
Herstellung Primärverpackung	25,36%	31,47%	24,94%	17,44%	16,93%
Herstellung Verschluss, Etikett	4,82%	12,32%	9,11%	3,89%	3,00%
Herstellung Um- und Transportverpackung	65,53%	61,82%	58,73%	218,53%	207,01%
Abfüllung	0,04%	0,19%	0,16%	0,09%	0,04%
Distribution	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Recycling/Entsorgung	0,43%	3,79%	3,74%	1,44%	1,40%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-0,03%	-0,18%	-0,16%	-0,12%	-0,11%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-4,03%	-9,41%	-4,69%	-2,07%	-1,42%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>92,12%</b>	<b>100,00%</b>	<b>91,83%</b>	<b>239,19%</b>	<b>226,85%</b>

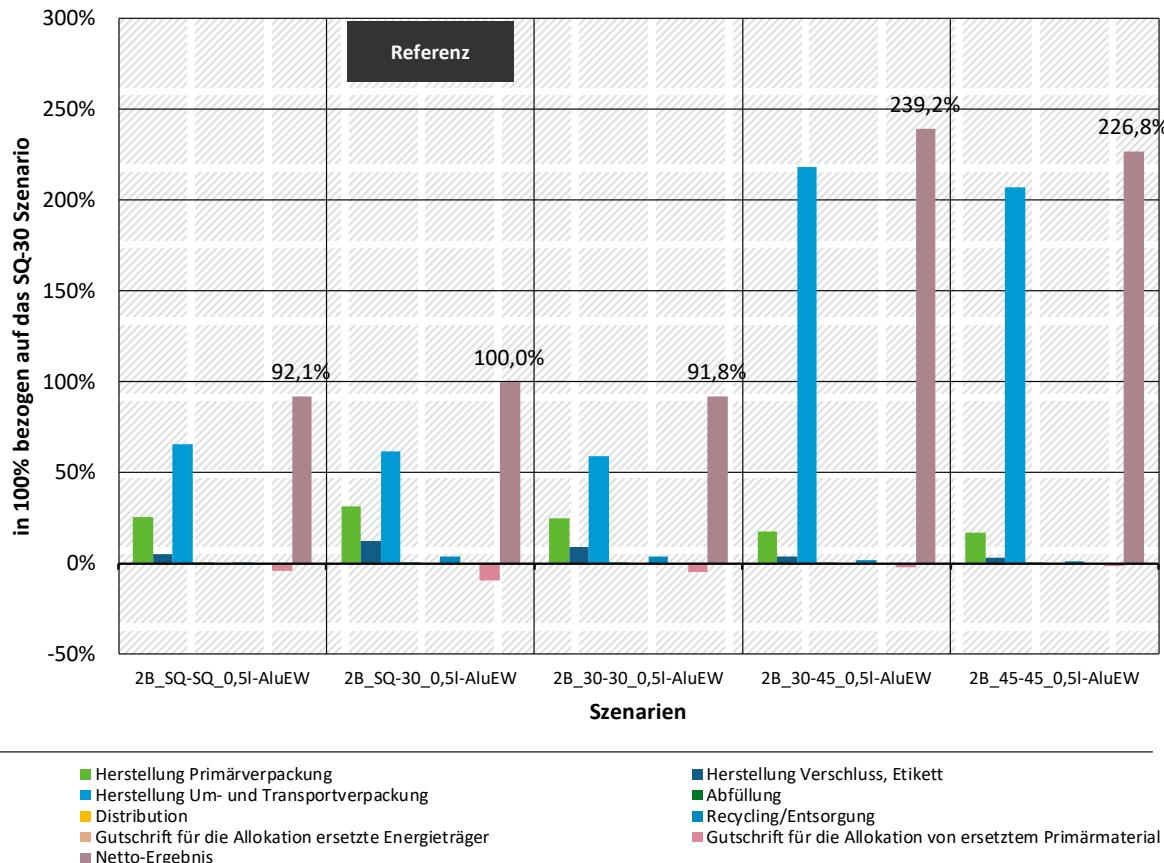
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 103: Sektorale Auswertung aquatische Eutrophierung (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

**Aquatische Eutrophierung**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Der gegenläufige Trend in der Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung ist auf den Lebenswegabschnitt der Herstellung der Um- und Transportverpackung zurückzuführen:

- Der Einsatz von mehr Recyclingfasern in der Um- und Transportverpackung in den prospektiven Szenarien führt zu einem Anstieg der direkten Abwasseremissionen. Diese werden sichtbar durch höhere Beiträge in der aquatischen Eutrophierung.

**Tabelle 181: Versauerung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

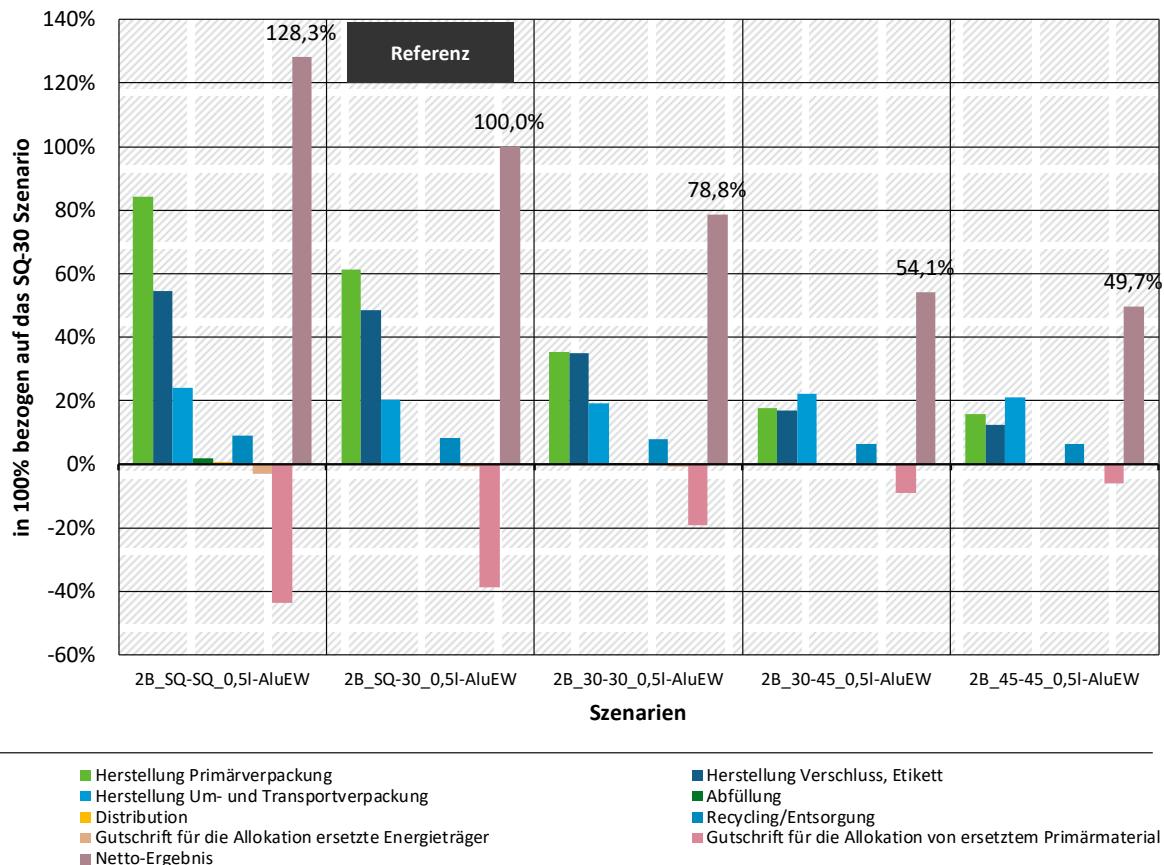
Prozessschritt	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2B_SQ-30_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_30-45_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
Herstellung Primärverpackung	84,40%	61,14%	35,47%	17,85%	15,92%
Herstellung Verschluss, Etikett	54,52%	48,69%	34,97%	16,78%	12,59%

Prozessschritt	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2B_SQ-30_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_30-45_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
Herstellung Um- und Transportverpackung	24,13%	20,29%	19,26%	22,30%	21,12%
Abfüllung	1,94%	0,50%	0,34%	0,13%	0,06%
Distribution	0,72%	0,42%	0,39%	0,07%	0,06%
Recycling/Entsorgung	9,14%	8,21%	8,08%	6,50%	6,33%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-2,87%	-0,64%	-0,56%	-0,38%	-0,35%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-43,72%	-38,62%	-19,17%	-9,17%	-6,05%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>128,26%</b>	<b>100,00%</b>	<b>78,78%</b>	<b>54,08%</b>	<b>49,66%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 104: sektorale Auswertung Versauerung (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

**Versauerung****relative Darstellung**

Quelle: ifeu 2023

In der Wirkungskategorie Versauerung vermindern sich bis 2045 die Beiträge aller Lebenswegabschnitte und somit auch die Nettoergebnisse kontinuierlich. Das Minderungspotenzial ist allerdings geringer als das für den Klimawandel erreichte Potenzial:

- In der Wirkungskategorien Versauerung erreicht das untersuchten Verpackungssystem bezogen auf das Referenzszenario SQ-30 bis 2045 lediglich eine Minderung 50 %.

**5.4.1.2 Ergebnisse der 1,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 05)**

Hier werden die Ergebnisse der Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP, aquatische Eutrophierung und Versauerung grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet und tabellarisch in relativer Darstellung dokumentiert.

**Tabelle 182: Naturfernepotenzial NFP: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	5B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	5B_SQ-30_1,5l-PETEW	5B_30-30_1,5l-PETEW	5B_30-45_1,5l-PETEW	5B_45-45_1,5l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	3,80%	87,61%	47,98%	113,34%	35,83%
Herstellung Verschluss, Etikett	1,09%	21,43%	21,72%	40,67%	33,66%
Herstellung Um- und Transportverpackung	14,84%	23,26%	21,76%	61,15%	57,43%
Abfüllung	0,79%	1,32%	0,95%	0,89%	0,38%
Distribution	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Recycling/Entsorgung	1,51%	5,06%	5,73%	4,23%	4,66%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-1,28%	-2,40%	-1,64%	-4,73%	-3,14%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-0,69%	-36,28%	-18,05%	-50,77%	-19,35%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>20,17%</b>	<b>100,00%</b>	<b>78,46%</b>	<b>164,79%</b>	<b>109,47%</b>

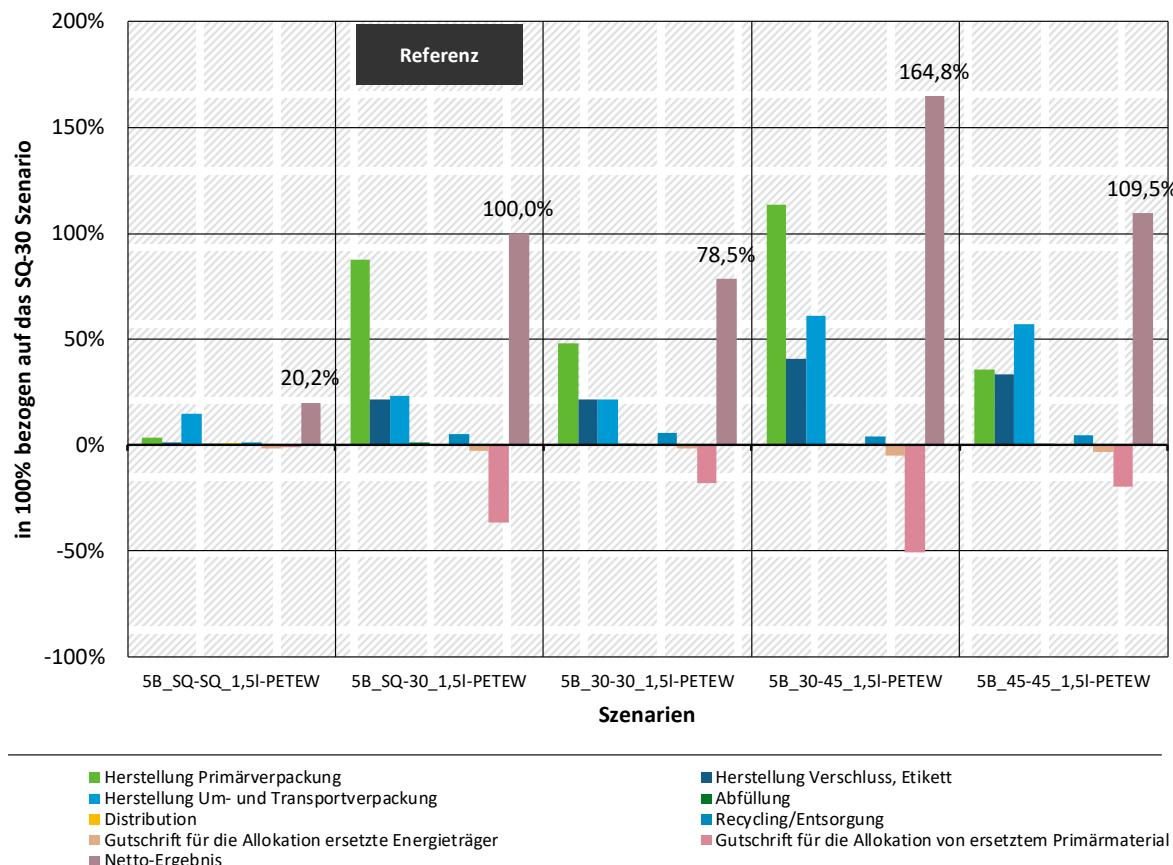
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 105: Sektorale Auswertung Naturfernepotenzial (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Naturfernepotenzial NFP**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Der gegenläufige Trend in der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP ist auf die zunehmenden Beiträge aus den Lebenswegabschnitten „Herstellung Primärverpackung“, „Herstellung Verschluss, Etikett“ und „Herstellung Um- und Transportverpackung“ zurückzuführen.

Als Grund für die zunehmenden Beiträge in diesen Lebenswegabschnitten ist das Fortschreiten der Energiewende hin zu einer defossilierten (Energie-)Produktion bis 2045 anzuführen, denn:

- ▶ Windenergieanlagen gehen in das Modell der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP mit einem hohen Flächenimpact ein.
- ▶ Der Einsatz von PtX-basierten Kunststoffen führt zu zunehmenden Beiträgen bei der Herstellung der PET-Flasche sowie der HDPE-Verschluss und PP-Etiketten.
- ▶ Bei der Um- und Transportverpackung führt ebenfalls der Einsatz von PtX-Kunststoffen für die Folierung zu höheren Flächennutzungsbeiträgen.

**Tabelle 183: Aquatische Eutrophierung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	5B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	5B_SQ-30_1,5l-PETEW	5B_30-30_1,5l-PETEW	5B_30-45_1,5l-PETEW	5B_45-45_1,5l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	468,19%	107,53%	57,46%	52,72%	16,98%
Herstellung Verschluss, Etikett	50,41%	8,85%	9,02%	10,93%	9,23%
Herstellung Um- und Transportverpackung	51,99%	11,01%	10,17%	29,19%	27,23%
Abfüllung	4,68%	5,43%	3,82%	3,53%	1,51%
Distribution	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Recycling/Entsorgung	7,61%	10,66%	12,10%	8,74%	9,55%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-0,30%	-1,66%	-1,13%	-1,38%	-0,92%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-205,92%	-41,82%	-18,50%	-19,30%	-4,63%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>376,65%</b>	<b>100,00%</b>	<b>72,94%</b>	<b>84,43%</b>	<b>58,96%</b>

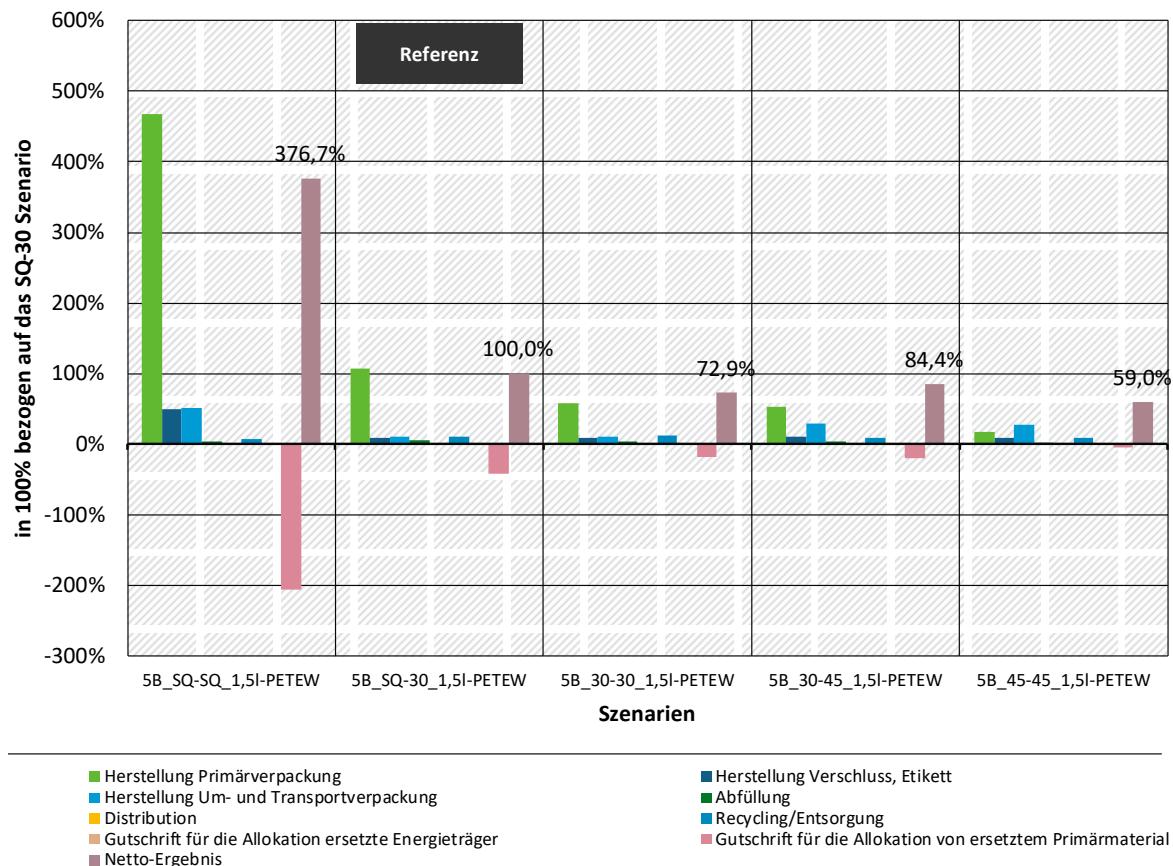
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 106: Sektorale Auswertung aquatische Eutrophierung (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Aquatische Eutrophierung**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Der Trend in der Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung ist auf die Lebenswegabschnitte „Herstellung Verschluss, Etiketten“ sowie „Herstellung der Um- und Transportverpackung“ zurückzuführen:

- Treiber der Ergebnisse ist die Verwendung von recyceltem PE und PO in Verschlüssen und Etiketten. Im Rahmen der Recyclingprozesse werden Abwasserströme bilanziert, die zu den Ergebnissen der aquatischen Eutrophierung beitragen. Da die Rezyklate für Verschlüsse und Etiketten im Open-Loop-Modell bilanziert werden, werden die Belastungen im Lebenswegabschnitt „Herstellung, Verschlüsse, Etiketten“ bewertet.

**Tabelle 184: Versauerung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	5B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	5B_SQ-30_1,5l-PETEW	5B_30-30_1,5l-PETEW	5B_30-45_1,5l-PETEW	5B_45-45_1,5l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	126,44%	106,81%	58,21%	35,20%	11,25%
Herstellung Verschluss, Etikett	11,48%	11,98%	12,37%	9,14%	7,31%
Herstellung Um- und Transportverpackung	10,28%	10,00%	8,98%	7,14%	6,36%
Abfüllung	6,67%	1,59%	1,11%	0,47%	0,20%
Distribution	1,34%	0,79%	0,72%	0,13%	0,12%
Recycling/Entsorgung	34,63%	16,24%	14,30%	3,34%	3,35%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-21,33%	-4,50%	-3,06%	-3,32%	-2,20%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-41,09%	-42,90%	-20,48%	-13,44%	-3,96%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>128,42%</b>	<b>100,00%</b>	<b>72,15%</b>	<b>38,66%</b>	<b>22,42%</b>

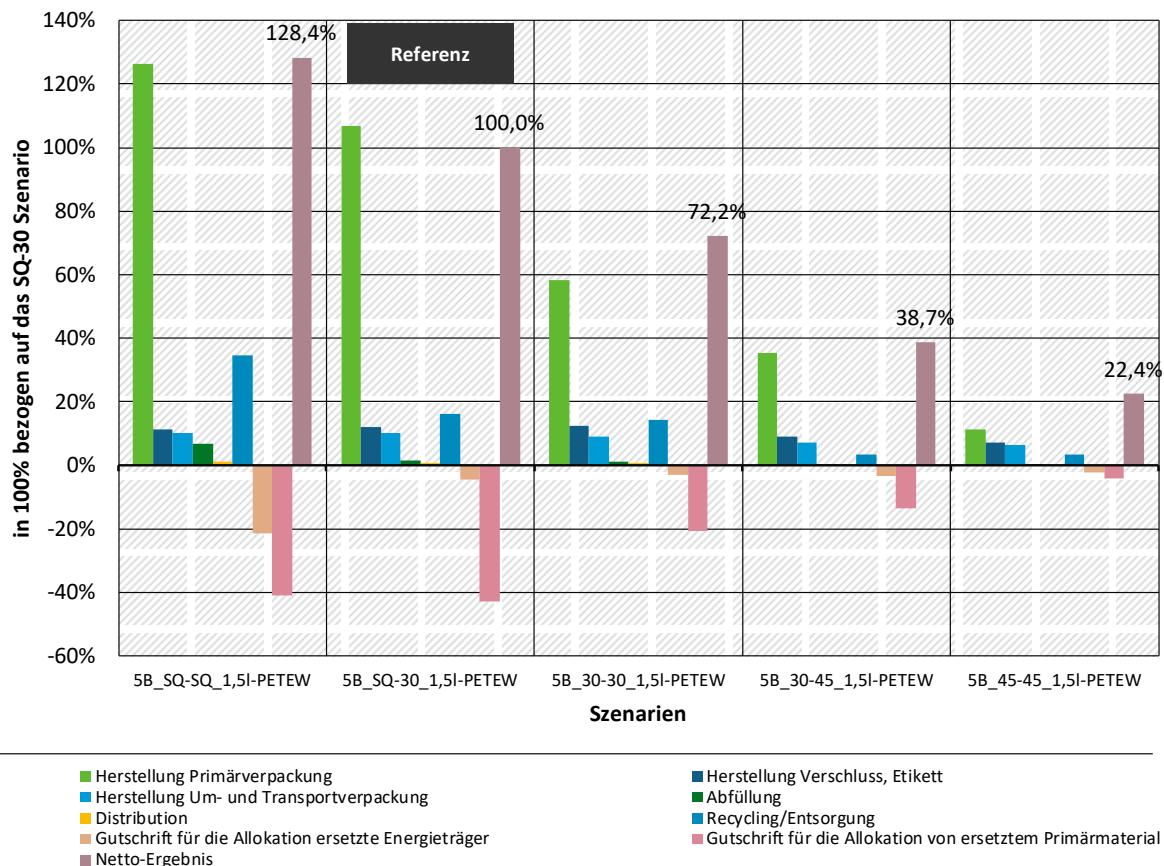
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 107: Sektorale Auswertung Versauerung (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Versauerung**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

In der Wirkungskategorie Versauerung vermindern sich bis 2045 die Beiträge aller Lebenswegabschnitte und somit auch die Nettoergebnisse kontinuierlich. Das Minderungspotenzial ist allerdings geringer als das für den Klimawandel erreichte Potenzial:

- In der Wirkungskategorien Versauerung erreicht das untersuchten Verpackungssystem bezogen auf das Referenzszenario SQ-30 bis 2045 lediglich eine Minderung 78 %.

#### **5.4.1.3 Ergebnisse der 0,7 l Glas MW Pool Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 13)**

Hier werden die Ergebnisse der Wirkungskategorien Naturfernpotenzial NFP, aquatische Eutrophierung und Versauerung grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet und tabellarisch in relativer Darstellung dokumentiert.

**Tabelle 185: Naturfernepotenzial NFP: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	13B_SQ-SQ_0,7l-GlasMWP	13B_SQ-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-45_0,7l-GlasMWP	13B_45-45_0,7l-GlasMWP
Herstellung Primärverpackung	0,20%	17,52%	15,44%	16,94%	15,57%
Herstellung Verschluss, Etikett	4,30%	84,15%	84,00%	93,33%	86,45%
Herstellung Um- und Transportverpackung	2,36%	2,66%	2,64%	20,70%	20,28%
Abfüllung	0,47%	0,76%	3,13%	2,79%	1,20%
Distribution	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Recycling/Entsorgung	0,11%	0,82%	0,76%	0,76%	0,71%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-0,15%	-0,29%	-0,28%	-0,84%	-0,83%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-0,27%	-5,61%	-5,53%	-8,40%	-8,30%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>7,02%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,17%</b>	<b>125,28%</b>	<b>115,09%</b>

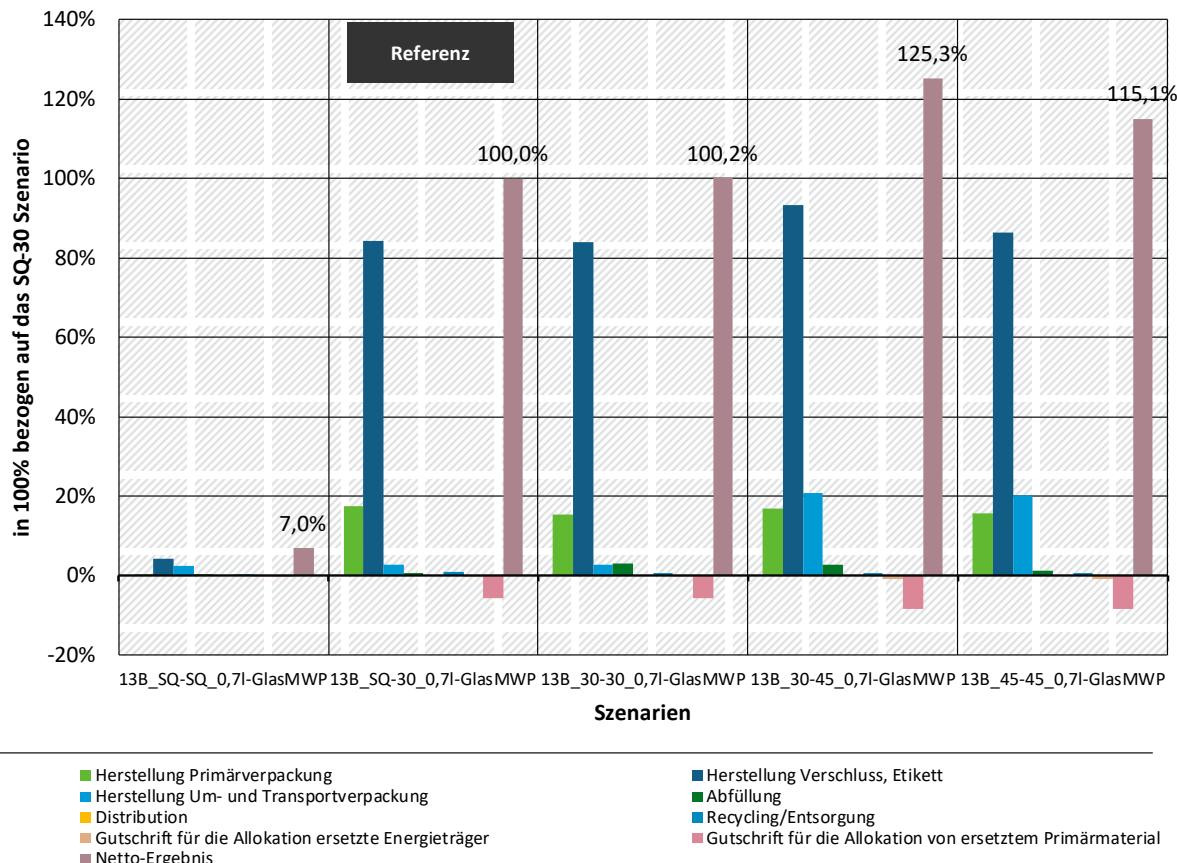
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 108: Sektorale Auswertung Naturfernepotenzial (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Naturfernepotenzial NFP**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Der gegenläufige Trend in der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP ist auf die zunehmenden Beiträge aus den Lebenswegabschnitten „Herstellung Primärverpackung“, „Herstellung Verschluss, Etikett“ und „Herstellung Um- und Transportverpackung“ zurückzuführen.

Als Grund für die zunehmenden Beiträge in diesen Lebenswegabschnitten ist das Fortschreiten der Energiewende hin zu einer defossilierten (Energie-)Produktion bis 2045 anzuführen, denn:

- ▶ Windenergieanlagen gehen in das Modell der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP mit einem hohen Flächenimpact ein.
- ▶ Der Einsatz von PtX-basierten Kunststoffen bei der Herstellung der HDPE-Verschluss und der Einsatz von PtX-basierten Lösemitteln bei der Aluminiumverschluss herstellung führt zu zunehmenden Beiträgen.
- ▶ Bei der Um- und Transportverpackung führt ebenfalls der Einsatz von PtX-basierten Kunststoffen für das PP-Sicherungsband sowie für den HDPE-Kasten zu höheren Flächennutzungsbeiträgen.

**Tabelle 186: Aquatische Eutrophierung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	13B_SQ-SQ_0,7l-GlasMWP	13B_SQ-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-45_0,7l-GlasMWP	13B_45-45_0,7l-GlasMWP
Herstellung Primärverpackung	0,07%	9,73%	8,57%	5,84%	5,37%
Herstellung Verschluss, Etikett	75,08%	53,74%	53,60%	51,65%	47,98%
Herstellung Um- und Transportverpackung	2,14%	0,43%	0,41%	4,81%	4,62%
Abfüllung	31,03%	31,79%	25,65%	23,79%	22,52%
Distribution	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Recycling/Entsortung	9,01%	8,60%	7,83%	6,62%	6,24%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-0,07%	-0,39%	-0,38%	-0,50%	-0,49%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-16,89%	-3,90%	-3,90%	-3,14%	-3,11%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>100,37%</b>	<b>100,00%</b>	<b>91,79%</b>	<b>89,07%</b>	<b>83,12%</b>

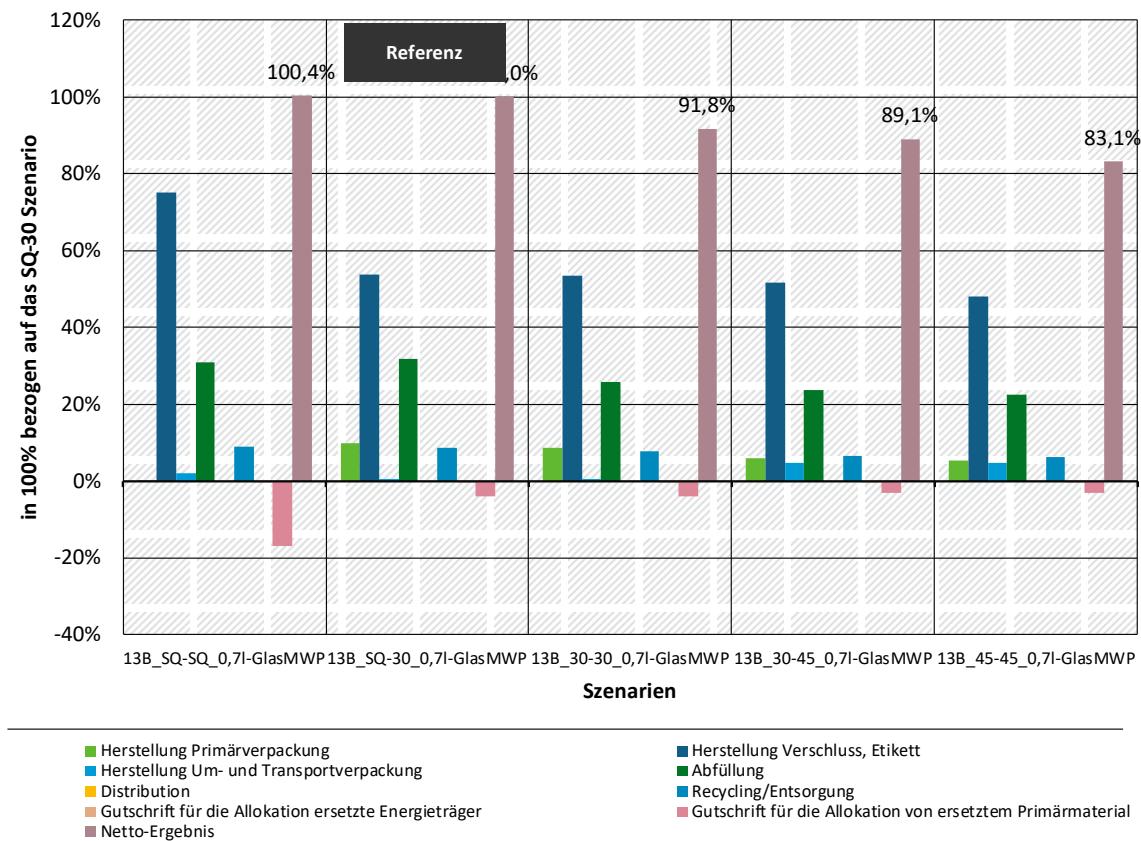
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 109: Sektorale Auswertung aquatische Eutrophierung (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Aquatische Eutrophierung**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Der Trend in der Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung ist auf die Lebenswegabschnitte „Herstellung Verschluss, Etiketten“ sowie „Herstellung der Um- und Transportverpackung“ zurückzuführen:

- ▶ Die größten Treiber in der Blanz sind und bleiben die Produktion des Papieretiketts mit den Abwässern der Primärpapierproduktion und die Abfüllung mit den Abwässern aus der Gebindereinigung.
- ▶ Mit dem Wechsel auf die Datensätze aus der Ecoinvent-Datenbank zeigt auch die Glasherstellung Beiträge zur aquatischen Eutrophierung. Der im SQ-SQ verwendete, mit Daten von BV Glas aktualisierte Datensatz aus UBAII beinhaltet keine Angaben zu direkten Emissionen in Gewässer.

**Tabelle 187: Versauerung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

<b>Prozessschritt</b>	<b>13B_SQ-SQ_0,7l-GlasMWP</b>	<b>13B_SQ-30_0,7l-GlasMWP</b>	<b>13B_30-30_0,7l-GlasMWP</b>	<b>13B_30-45_0,7l-GlasMWP</b>	<b>13B_45-45_0,7l-GlasMWP</b>
Herstellung Primärverpackung	44,22%	35,23%	31,05%	14,19%	13,04%
Herstellung Verschluss, Etikett	54,00%	44,61%	44,10%	27,71%	24,95%
Herstellung Um- und Transportverpackung	2,40%	1,24%	1,19%	6,18%	5,86%
Abfüllung	28,89%	19,12%	11,84%	4,92%	2,48%
Distribution	22,37%	12,54%	10,75%	1,91%	1,71%
Recycling/Entsortung	6,69%	6,04%	5,77%	2,90%	2,77%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-8,10%	-1,73%	-1,69%	-2,05%	-2,02%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-21,32%	-17,05%	-17,15%	-5,54%	-5,45%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>129,15%</b>	<b>100,00%</b>	<b>85,87%</b>	<b>50,22%</b>	<b>43,34%</b>

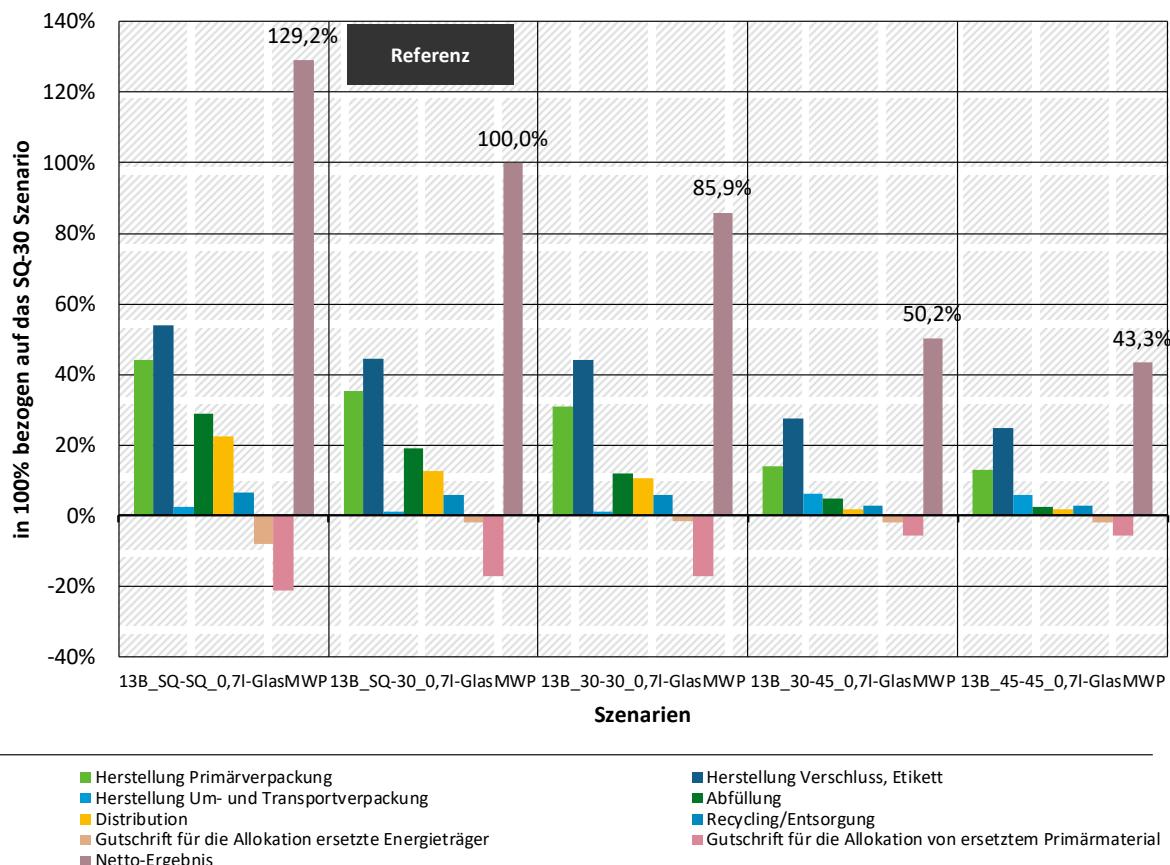
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 110: Sektorale Auswertung Versauerung (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Versauerung**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

In der Wirkungskategorie Versauerung vermindern sich bis 2045 die Beiträge aller Lebenswegabschnitte mit Ausnahme der Beiträge für die Herstellung der Um- und Transportverpackung.

- In der Wirkungskategorien Versauerung erreicht das untersuchten Verpackungssystem bezogen auf das Referenzszenario SQ-30 bis 2045 lediglich eine Minderung von 57 %.

**5.4.1.4 Ergebnisse der 1,0 l PET MW Pool Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 23)**

Hier werden die Ergebnisse der Wirkungskategorien Naturfernpotenzial NFP, aquatische Eutrophierung und Versauerung grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet und tabellarisch in relativer Darstellung dokumentiert.

**Tabelle 188: Naturfernepotenzial NFP: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Prozessschritt	23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP	23B_SQ-30_1,0l-PETMWP	23B_30-30_1,0l-PETMWP	23B_30-45_1,0l-PETMWP	23B_45-45_1,0l-PETMWP
Herstellung Primärverpackung	1,38%	37,02%	25,13%	61,15%	33,86%
Herstellung Verschluss, Etikett	2,58%	49,24%	46,07%	140,59%	114,54%
Herstellung Um- und Transportverpackung	16,10%	19,69%	18,70%	93,73%	93,39%
Abfüllung	5,32%	20,46%	27,25%	23,12%	9,91%
Distribution	2,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Recycling/Entsortung	0,79%	3,29%	3,29%	2,79%	2,95%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-1,66%	-3,03%	-2,68%	-7,71%	-7,18%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-2,25%	-26,67%	-21,10%	-68,86%	-57,08%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>24,31%</b>	<b>100,00%</b>	<b>96,67%</b>	<b>244,82%</b>	<b>190,38%</b>

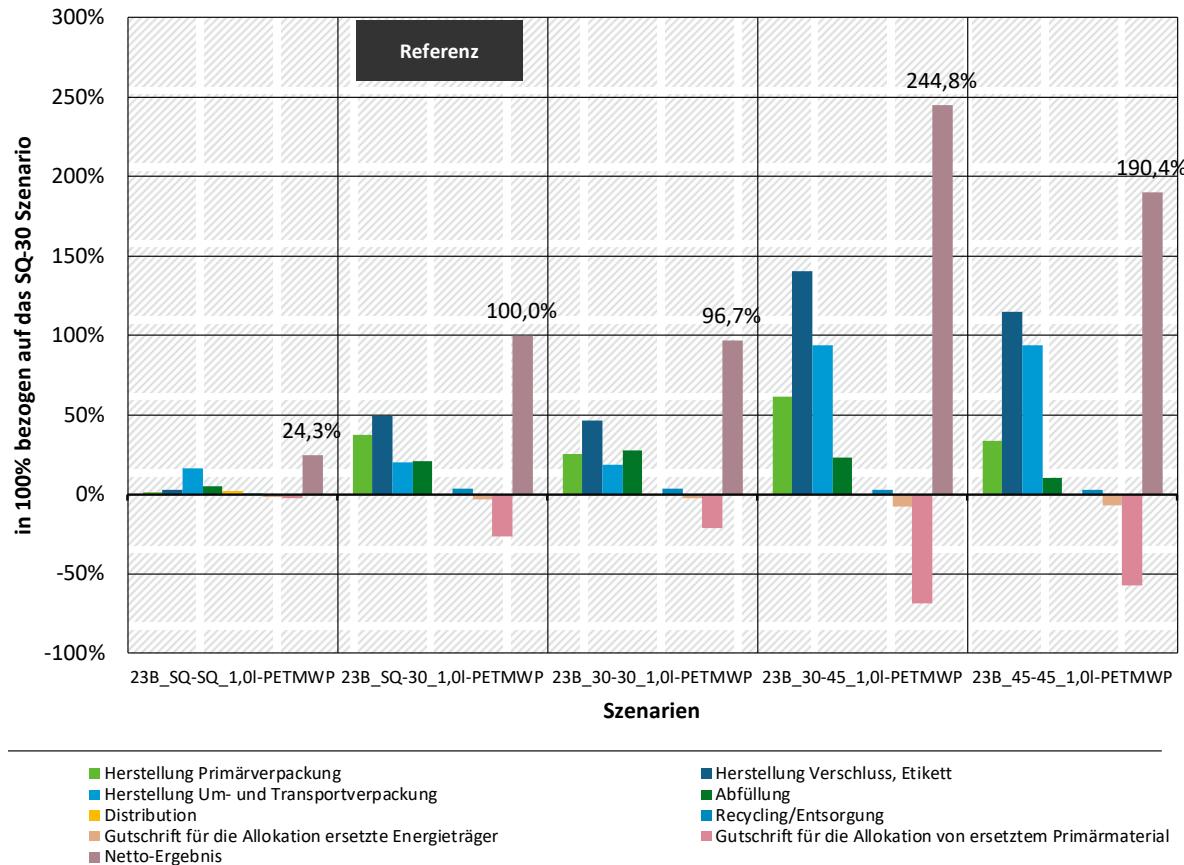
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 111: Sektorale Auswertung Naturfernepotenzial (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

**Naturfernepotenzial NFP**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Der gegenläufige Trend in der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP ist auf die zunehmenden Beiträge aus den Lebenswegabschnitten „Herstellung Primärverpackung“, „Herstellung Verschluss, Etikett“ und „Herstellung Um- und Transportverpackung“ zurückzuführen.

Als Grund für die zunehmenden Beiträge in diesen Lebenswegabschnitten ist das Fortschreiten der Energiewende hin zu einer defossilierten (Energie-)Produktion bis 2045 anzuführen, denn:

- ▶ Windenergieanlagen gehen in das Modell der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP mit einem hohen Flächenimpact ein.
- ▶ Der Einsatz von PtX-basierten Kunststoffen führt zu zunehmenden Beiträgen bei der Herstellung der PET-Flasche sowie der PP-Verschluss und LDPE-Etiketten.
- ▶ Bei der Um- und Transportverpackung führt der zunehmende Einsatz von Recyclingfasern und der damit einhergehende größerer Strombedarf zu höheren Flächennutzungsbeiträgen.

**Tabelle 189: Aquatische Eutrophierung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Prozessschritt	23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP	23B_SQ-30_1,0l-PETMWP	23B_30-30_1,0l-PETMWP	23B_30-45_1,0l-PETMWP	23B_45-45_1,0l-PETMWP
Herstellung Primärverpackung	133,07%	30,40%	20,47%	18,98%	10,52%
Herstellung Verschluss, Etikett	177,03%	18,32%	17,15%	24,82%	20,63%
Herstellung Um- und Transportverpackung	10,79%	1,51%	1,19%	3,77%	3,71%
Abfüllung	353,35%	62,77%	49,67%	43,46%	18,62%
Distribution	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Recycling/Entsortung	1,63%	3,48%	3,42%	1,93%	1,92%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-0,26%	-1,39%	-1,23%	-1,50%	-1,40%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-95,84%	-15,09%	-10,57%	-12,94%	-9,23%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>579,77%</b>	<b>100,00%</b>	<b>80,10%</b>	<b>78,51%</b>	<b>44,78%</b>

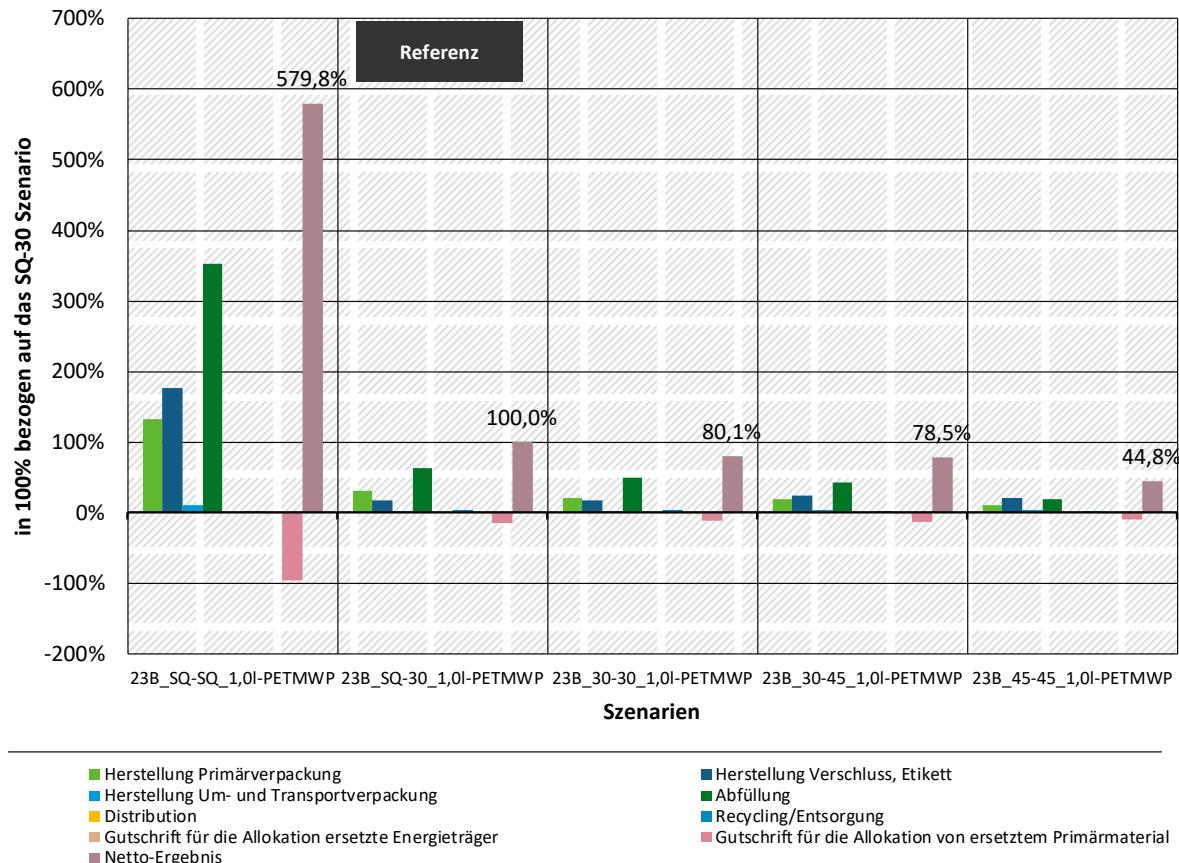
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 112: Sektorale Auswertung aquatische Eutrophierung (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

**Aquatische Eutrophierung**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Der gegenläufige Trend in der Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung ist auf die Lebenswegabschnitte „Herstellung Verschluss, Etiketten“ sowie „Herstellung der Um- und Transportverpackung“ zurückzuführen:

- ▶ Der Einsatz von mehr Recyclingfasern in der Um- und Transportverpackung in den prospektiven Szenarien führt zu einem Anstieg der direkten Abwasseremissionen. Diese schlagen sich im Ergebnis der aquatischen Eutrophierung nieder.
- ▶ Ein weiterer Treiber der Ergebnisse ist die Verwendung von recyceltem PE und PO in Verschlüssen und Etiketten. Im Rahmen der Recyclingprozesse werden Abwasserströme bilanziert, die zu den Ergebnissen der aquatischen Eutrophierung beitragen. Da die Rezyklate für Verschlüsse und Etiketten im Open-Loop-Modell bilanziert werden, werden die Belastungen im Lebenswegabschnitt „Herstellung, Verschlüsse, Etiketten“ bewertet.

**Tabelle 190: Versauerung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 23)**

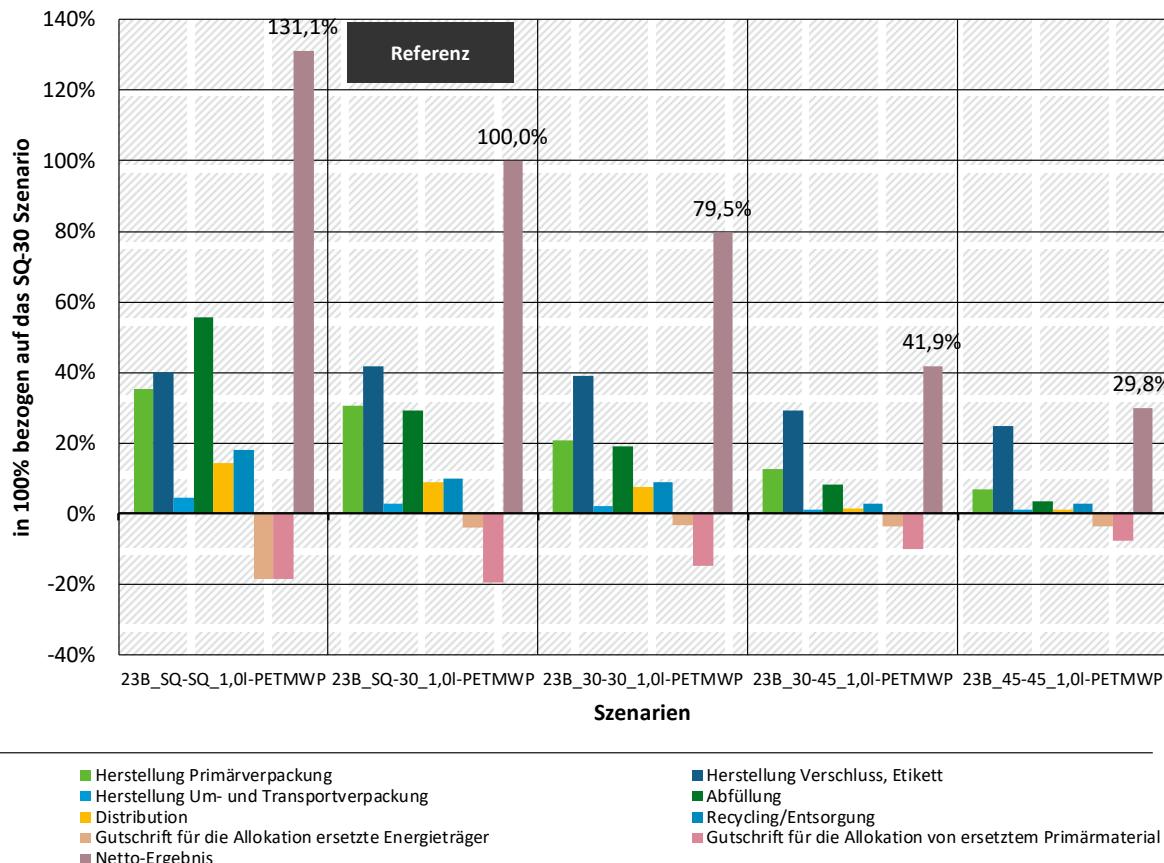
LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Prozessschritt	23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP	23B_SQ-30_1,0l-PETMWP	23B_30-30_1,0l-PETMWP	23B_30-45_1,0l-PETMWP	23B_45-45_1,0l-PETMWP
Herstellung Primärverpackung	35,23%	30,58%	20,72%	12,74%	7,02%
Herstellung Verschluss, Etikett	40,22%	41,64%	39,22%	29,08%	25,00%
Herstellung Um- und Transportverpackung	4,51%	2,92%	2,21%	1,32%	1,26%
Abfüllung	55,55%	29,41%	18,98%	8,34%	3,57%
Distribution	14,29%	8,81%	7,60%	1,34%	1,24%
Recycling/Entsortung	18,11%	9,99%	9,10%	2,86%	2,88%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-18,45%	-3,83%	-3,39%	-3,66%	-3,41%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-18,34%	-19,52%	-14,91%	-10,15%	-7,73%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>131,12%</b>	<b>100,00%</b>	<b>79,54%</b>	<b>41,86%</b>	<b>29,83%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 113: Sektorale Auswertung Versauerung (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

**Versauerung****relative Darstellung**

Quelle: ifeu 2023

In der Wirkungskategorie Versauerung vermindern sich bis 2045 die Beiträge aller Lebenswegabschnitte und somit auch die Nettoergebnisse kontinuierlich. Das Minderungspotenzial ist allerdings geringer als das für den Klimawandel erreichte Potenzial:

- In der Wirkungskategorien Versauerung erreicht das untersuchten Verpackungssystem bezogen auf das Referenzszenario SQ-30 bis 2045 lediglich eine Minderung 70 %.

### 5.4.1.5 Ergebnisse des 1,0 l Getränkeverbundkartons im Getränkesegment Säfte und Nektare (LFD 25)

Hier werden die Ergebnisse der Wirkungskategorien Naturfernepotenzial NFP, aquatische Eutrophierung und Versauerung grafisch unterteilt nach Lebenswegabschnitten ausgewertet und tabellarisch in relativer Darstellung dokumentiert.

**Tabelle 191: Naturfernepotenzial NFP: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

Prozessschritt	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25B_SQ-30_1,0l-GVKEW	25B_30-30_1,0l-GVKEW	25B_30-45_1,0l-GVKEW	25B_45-45_1,0l-GVKEW
Herstellung Primärverpackung	157,40%	170,17%	177,97%	697,32%	655,08%
Herstellung Verschluss, Etikett	0,23%	2,93%	2,92%	8,34%	5,90%
Herstellung Um- und Transportverpackung	37,24%	3,21%	3,07%	61,69%	58,61%
Abfüllung	0,30%	0,51%	0,36%	0,35%	0,15%
Distribution	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Recycling/Entsortung	0,17%	0,68%	0,67%	0,86%	0,85%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-0,32%	-0,55%	-0,53%	-4,18%	-4,11%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-58,40%	-76,95%	-87,19%	-89,59%	-93,52%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>136,60%</b>	<b>100,00%</b>	<b>97,28%</b>	<b>674,79%</b>	<b>622,96%</b>

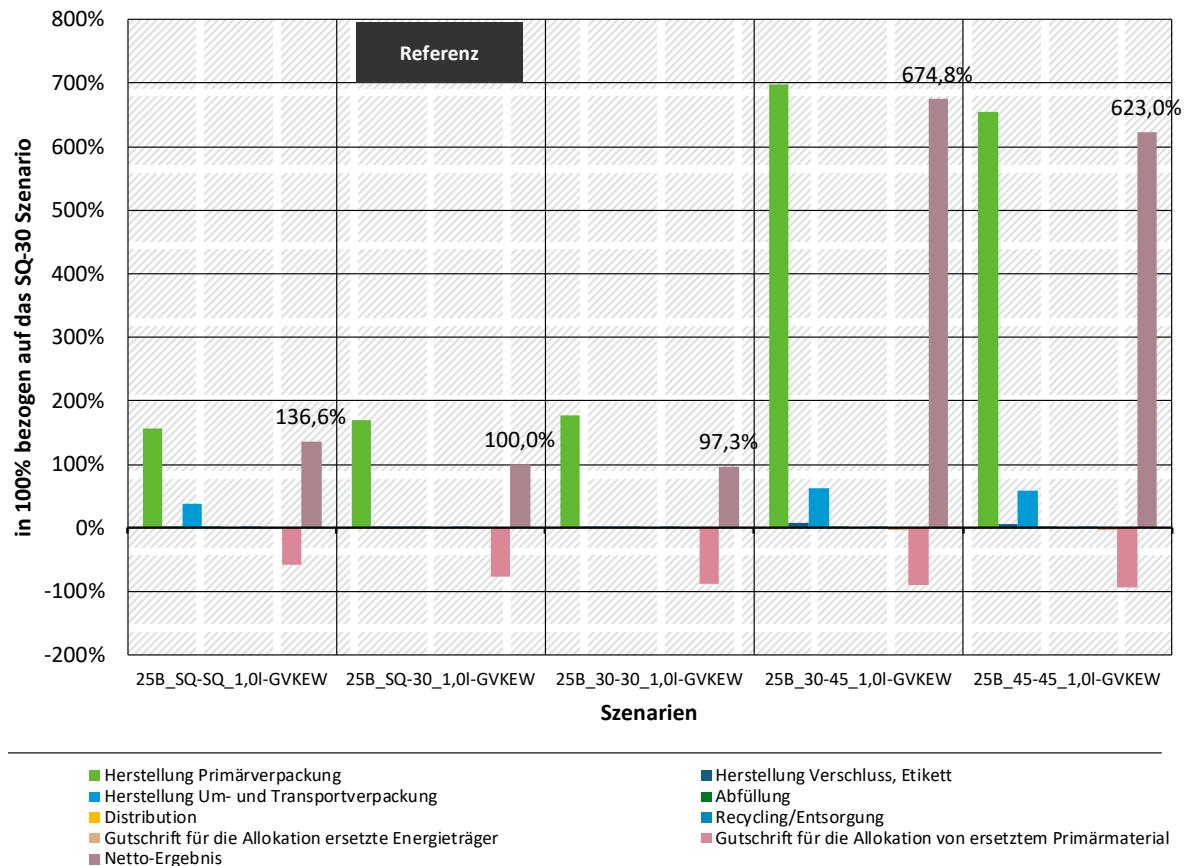
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 114: Sektorale Auswertung Naturfernepotenzial (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

**Naturfernepotenzial NFP**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Der gegenläufige Trend in der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP ist auf die zunehmenden Beiträge aus den Lebenswegabschnitten „Herstellung Primärverpackung“, „Herstellung Verschluss, Etikett“, „Herstellung Um- und Transportverpackung“ und „Recycling/Entsorgung“ zurückzuführen.

Als Grund für die zunehmenden Beiträge in diesen Lebenswegabschnitten ist das Fortschreiten der Energiewende hin zu einer defossilierten (Energie-)Produktion bis 2045 anzuführen, denn:

- ▶ Windenergieanlagen gehen in das Modell der Wirkungskategorie Naturfernepotenzial NFP mit einem hohen Flächenimpact ein.
- ▶ Ab 2030 erhöht sich der Anteil an Papierfasern im Getränkekarton während der Kunststoffanteil im Verbundmaterial abnimmt. Der dadurch bedingte höhere Flächenbedarf bei der Herstellung der Primärverpackung führt zu höheren Beiträgen aus diesem Lebenswegabschnitt. Ab 2045 erhöht sich der Flächenimpact nochmals durch den Einsatz von Recyclingfasern sowie PtX-basierten Kunststoffen im Verbundmaterial.
- ▶ Der Einsatz von PtX-basierten Kunststoffen führt ebenfalls zu zunehmenden Beiträgen bei der Herstellung der Verschlüsse.

- ▶ Bei der Um- und Transportverpackung führt der hohe Einsatz von Recyclingfasern sowie der Einsatz von PtX-basierten Kunststoffen für die Folierung zu höheren Flächennutzungsbeiträgen.
- ▶ Beim Lebenswegabschnitt der Verwertung sind die zunehmenden Beiträge direkt an den erhöhten Strombedarf für das Recycling gekoppelt.

**Tabelle 192: Aquatische Eutrophierung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

Prozessschritt	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25B_SQ-30_1,0l-GVKEW	25B_30-30_1,0l-GVKEW	25B_30-45_1,0l-GVKEW	25B_45-45_1,0l-GVKEW
Herstellung Primärverpackung	173,33%	108,02%	111,73%	257,84%	254,41%
Herstellung Verschluss, Etikett	22,00%	2,75%	17,14%	17,74%	15,44%
Herstellung Um- und Transportverpackung	41,10%	2,52%	2,39%	131,75%	124,82%
Abfüllung	1,65%	2,18%	1,53%	1,35%	1,19%
Distribution	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Recycling/Entsortung	0,16%	1,22%	1,20%	0,43%	0,44%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-0,13%	-0,67%	-0,62%	-1,87%	-1,84%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-33,47%	-16,01%	-18,16%	-22,29%	-23,28%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>204,63%</b>	<b>100,00%</b>	<b>115,21%</b>	<b>384,95%</b>	<b>371,18%</b>

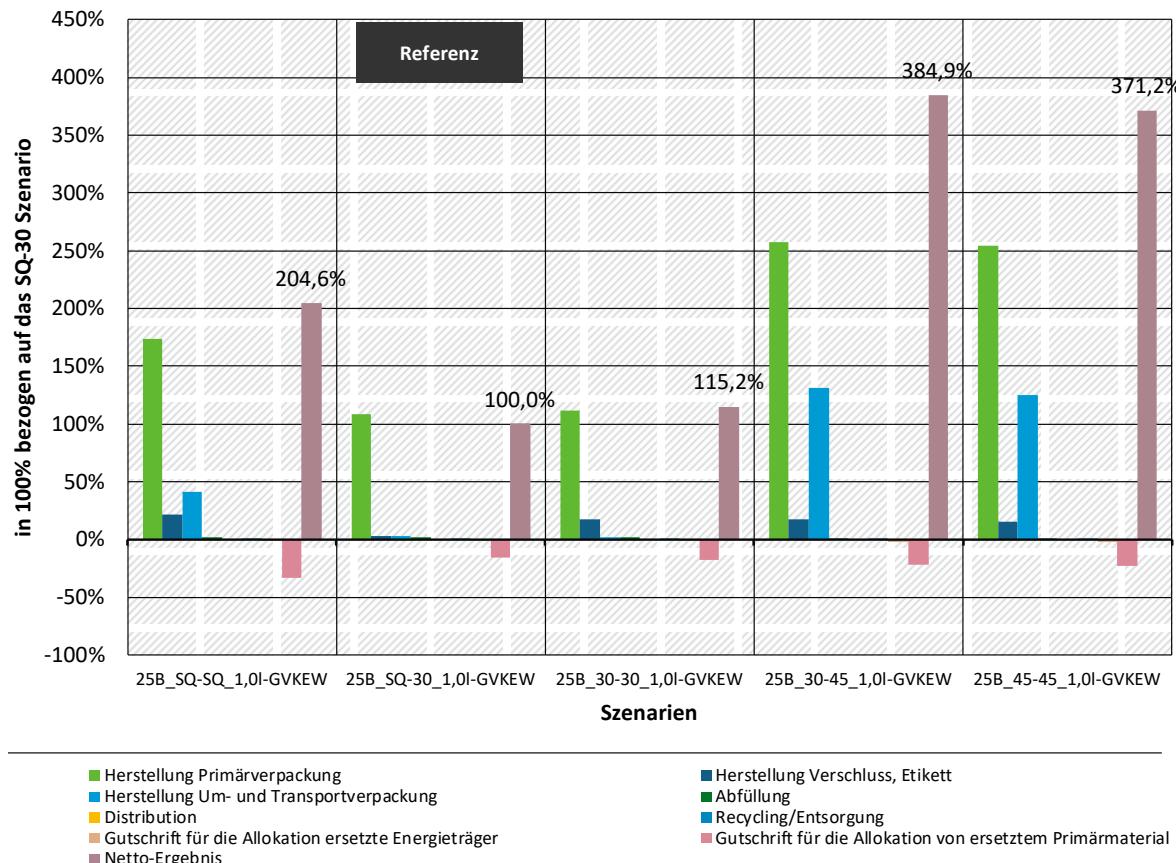
Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 115: Sektorale Auswertung aquatische Eutrophierung (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

**Aquatische Eutrophierung**

relative Darstellung



Quelle: ifeu 2023

Der gegenläufige Trend in der Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung ist auf die Lebenswegabschnitte der Herstellung der Primärverpackung sowie der Verschlüsse und der Um- und Transportverpackung zurückzuführen:

- ▶ Der erhöhte Anteil an Papierfasern im Getränkekarton ab 2030 sowie der Einsatz von Recyclingfasern ab 2045 ist mit höheren Abwasseremissionen verbunden.
- ▶ Ebenso erklärt der Einsatz von mehr Recyclingfasern in der Um- und Transportverpackung in den prospektiven Szenarien den Anstieg der direkten Abwasseremissionen und damit die höheren Beiträge zur aquatischen Eutrophierung.
- ▶ Ein weiterer Treiber der Ergebnisse ist die Verwendung von recyceltem PE und PO in Verschlüssen und Etiketten. Im Rahmen der Recyclingprozesse werden Abwasserströme bilanziert, die zu den Ergebnissen der aquatischen Eutrophierung beitragen. Da die Rezyklate für Verschlüsse und Etiketten im Open-Loop-Modell bilanziert werden, werden die Belastungen im Lebenswegabschnitt „Herstellung, Verschlüsse, Etiketten“ bewertet.

**Tabelle 193: Versauerung: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 25)**

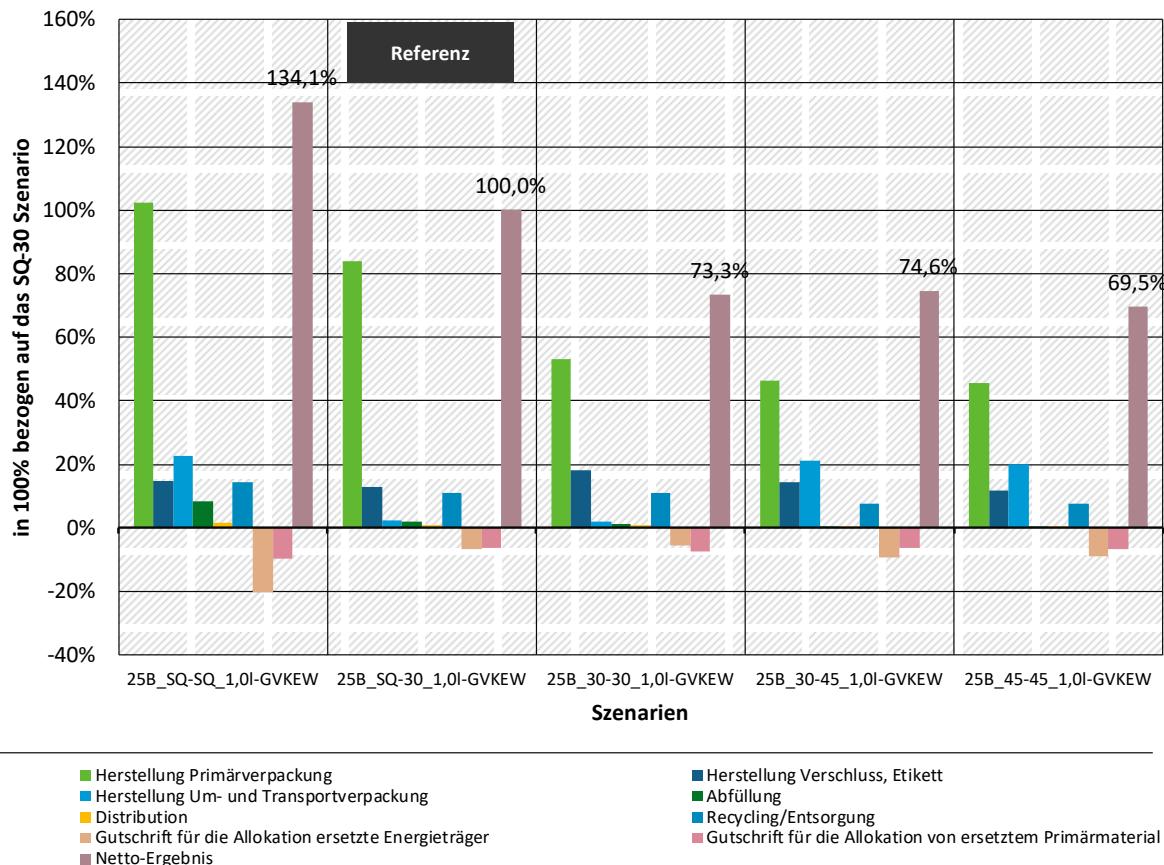
LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

Prozessschritt	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25B_SQ-30_1,0l-GVKEW	25B_30-30_1,0l-GVKEW	25B_30-45_1,0l-GVKEW	25B_45-45_1,0l-GVKEW
Herstellung Primärverpackung	102,49%	83,88%	53,00%	46,31%	45,71%
Herstellung Verschluss, Etikett	14,71%	12,97%	18,18%	14,41%	11,68%
Herstellung Um- und Transportverpackung	22,66%	2,23%	2,08%	21,03%	19,90%
Abfüllung	8,28%	1,95%	1,36%	0,56%	0,26%
Distribution	1,49%	0,91%	0,82%	0,15%	0,14%
Recycling/Entsorgung	14,34%	11,08%	10,97%	7,76%	7,62%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-20,22%	-6,56%	-5,63%	-9,17%	-9,02%
Gutschrift für die Allokation von ersetzenem Primärmaterial	-9,61%	-6,46%	-7,44%	-6,47%	-6,76%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>134,14%</b>	<b>100,00%</b>	<b>73,34%</b>	<b>74,56%</b>	<b>69,52%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 116: Sektorale Auswertung Versauerung (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

**Versauerung****relative Darstellung**

Quelle: ifeu 2023

In der Wirkungskategorie Versauerung vermindern sich bis 2045 die Beiträge aller Lebenswegabschnitte mit Ausnahme der Beiträge für die Herstellung der Verschlüsse und der Um- und Transportverpackung.

- In der Wirkungskategorien Versauerung erreicht das untersuchten Verpackungssystem bezogen auf das Referenzszenario SQ-30 bis 2045 lediglich eine Minderung von 30 %.

## 5.4.2 Ergebnisse einer vertieften Betrachtung des kumulierten Energieaufwandes (KEA)

Ergänzend zu den Ergebnisdarstellungen im vorangegangenen Abschnitt soll an dieser Stelle eine erweiterte Betrachtung des kumulierten Energieaufwandes erfolgen. In den UBA-Mindestanforderungen wird lediglich der KEA nicht erneuerbar (fossile Brennstoffe und Uranerze) zur Betrachtung empfohlen. Aufgrund der Rahmensetzung des GreenSupreme Szenarios für die Abbildung der prospektiven Szenarien steht zu befürchten, dass wesentliche Informationen über Umweltlasten, die durch den Abtausch fossiler Rohstoffe durch erneuerbare Rohstoffe einhergehen, außerhalb der Betrachtung bleiben. Daher soll an dieser Stelle für die oben bereits definierten 5 Verpackungssysteme eine Auswertung des KEA gesamt erfolgen, differenziert nach KEA nicht erneuerbar und KEA erneuerbar. Ziel der Auswertung ist Beantwortung der Frage, ob durch die in den Mindestanforderungen vorgegebene Fokussierung auf den KEA nicht erneuerbar wesentliche Informationen über mögliche Umweltlasten verloren gehen.

**Tabelle 194: KEA gesamt Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

Kumulierter Energie-aufwand	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2B_SQ-30_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_30-45_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
KEA nicht erneuerbar	99%	60%	52%	0,45%	0,43%
KEA erneuerbar	24%	40%	35%	80%	74%
<b>KEA gesamt</b>	<b>123%</b>	<b>100%</b>	<b>86%</b>	<b>80%</b>	<b>74%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Tabelle 195: KEA gesamt Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Kumulierter Energie-aufwand	5B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	5B_SQ-30_1,5l-PETEW	5B_30-30_1,5l-PETEW	5B_30-45_1,5l-PETEW	5B_45-45_1,5l-PETEW
KEA nicht erneuerbar	93%	65%	47%	0,16%	0,12%
KEA erneuerbar	8%	35%	29%	87%	47%
<b>KEA gesamt</b>	<b>101%</b>	<b>100%</b>	<b>75%</b>	<b>88%</b>	<b>48%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Tabelle 196: KEA gesamt Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Kumulierter Energie-aufwand	13B_SQ-SQ_0,7l-GlasMWP	13B_SQ-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-45_0,7l-GlasMWP	13B_45-45_0,7l-GlasMWP
KEA nicht erneuerbar	99%	79%	51%	1,07%	1,00%
KEA erneuerbar	11%	21%	34%	102%	79%
<b>KEA gesamt</b>	<b>109%</b>	<b>100%</b>	<b>85%</b>	<b>103%</b>	<b>80%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Tabelle 197: KEA gesamt Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Kumulierter Energie-aufwand	23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP	23B_SQ-30_1,0l-PETMWP	23B_30-30_1,0l-PETMWP	23B_30-45_1,0l-PETMWP	23B_45-45_1,0l-PETMWP
KEA nicht erneuerbar	96%	73%	47%	0,36%	0,24%
KEA erneuerbar	7%	27%	33%	88%	57%
<b>KEA gesamt</b>	<b>103%</b>	<b>100%</b>	<b>81%</b>	<b>88%</b>	<b>57%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Tabelle 198: KEA gesamt Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

Kumulierter Energie-aufwand	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25B_SQ-30_1,0l-GVKEW	25B_30-30_1,0l-GVKEW	25B_30-45_1,0l-GVKEW	25B_45-45_1,0l-GVKEW
KEA nicht erneuerbar	67%	41%	31%	0,40%	0,37%
KEA erneuerbar	40%	59%	56%	99%	88%
<b>KEA gesamt</b>	<b>108%</b>	<b>100%</b>	<b>87%</b>	<b>99%</b>	<b>88%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

Der in den obigen Tabellen dargestellte Ergebnistrend ist für alle Getränkeverpackungen ähnlich:

- ▶ Die bereits im Abschnitt „Ergebnisse der Wirkungsabschätzung“ dokumentierten Beiträge der bilanzierten Getränkeverpackungssysteme zum KEA nicht erneuerbar nehmen aufgrund der im System angelegten Defossilisierung für alle Verpackungen bis 2045 deutlich ab
- ▶ Die Beiträge des zusätzlich ausgewerteten KEA erneuerbar nehmen für alle untersuchten Verpackungen zu, da fossile Energieträger durch erneuerbare Energieträger ersetzt werden – entweder zur direkten Nutzung als Bioenergie oder biobasierte Materialien oder über die Stromvorkette.
- ▶ In Summe (KEA gesamt) zeigt sich dennoch eine Reduktion des kumulierten Energieaufwandes für alle untersuchten Systeme. Die Gesamtreduktion schwankt zwischen 12 % und 50 %.

Die zusätzliche Auswertung zeigt somit, dass die Dekarbonisierung und Defossilisierung der untersuchten Getränkeverpackungssysteme nicht mit einem exorbitanten Verbrauch an erneuerbaren Energien einhergeht.

Für die sachgerechte Interpretation der Ergebnisse ist wichtig zu wissen, dass der KEA keine Umweltfolgen der Erzeugung der Energie beschreibt. Diese zeigen sich bei den durch Luftschatstoffe beeinflussten Wirkungskategorien (im Falle der Biomasseverbrennung), in der Eutrophierung (im Falle des Biomasseanbaus) oder im Flächenverbrauch (Anbaubiomasse, Holz und Flächenbedarf der Erzeugungsanlagen). Die Umweltwirkungen sind somit in den bisher ausgewerteten Umweltwirkungskategorien hinlänglich abgebildet. Ein Mehrwert dieser zusätzlichen Auswertung zeigt sich somit nur bei der Bewertung der Ressourcen.

Hinsichtlich der Bewertung der Ressourcen ist festzuhalten, dass der grobe Ergebnistrend des KEA gesamt in vielen Fällen dem priorisierten KRA ähnlich ist. Gegenüber dem KEA umfasst der priorisierte KRA aber mehr Ressourcen und nimmt auch eine Form der Wichtung zwischen den Ressourcen vor. Im Rahmen der Interpretation der Ergebnisse ist es wichtig, dass Umweltproblemfeld des Verbrauchs energetischer Ressourcen nicht durch eine Vielzahl von Indikatoren mehrfach zu bewerten. Daher sollte der KEA gesamt als eine Wirkungskategorie, die nicht in den UBA-Mindestanforderungen angelegt ist, nur als additive Argumentationshilfe bei der Bewertung der Ressourcen genutzt werden.

### **5.4.3 Ergebnisse der Bilanzierung von Kunststoff in der Umwelt**

Hier werden die Ergebnisse der Bilanzierung möglicher Emissionen von Kunststoff in die Umwelt für ausgewählte Verpackungssysteme exemplarisch und ergänzend zu den Ökobilanz-Ergebnissen dargestellt. Die Auswertung umfasst jeweils ein exemplarisches Verpackungssystem aus den in der vorliegenden Studie untersuchten 5 verschiedenen Verpackungstypen (GVK, PET EW, Aluminiumgetränkendose, PET MW und Glas MW).

Die Berechnung der absoluten potenziellen Mikro- und Makroplastikemissionen erfolgt in Anlehnung an die Methodik des PLP (Peano et al. 2020) auf Inventarebene. Die Ergebnisse werden ausgedrückt in g Kunststoffemissionen pro funktioneller Einheit.

Marko- und Mikroplastikemissionen werden getrennt voneinander und aufgegliedert nach den verschiedenen Lebenswegabschnitten und Umweltkompartimenten ausgewiesen, die im PLP Ansatz berücksichtigt werden.

#### **5.4.3.1 Ergebnisse der 0,5 l Getränkendose aus Aluminium im Getränkesegment Bier (LFD 02)**

Nachfolgend sind die Ergebnisse für die 0,5 l Getränkendose aus Aluminium (LFD02) dokumentiert.

**Tabelle 199: Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung und Littering in g pro funktioneller Einheit (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

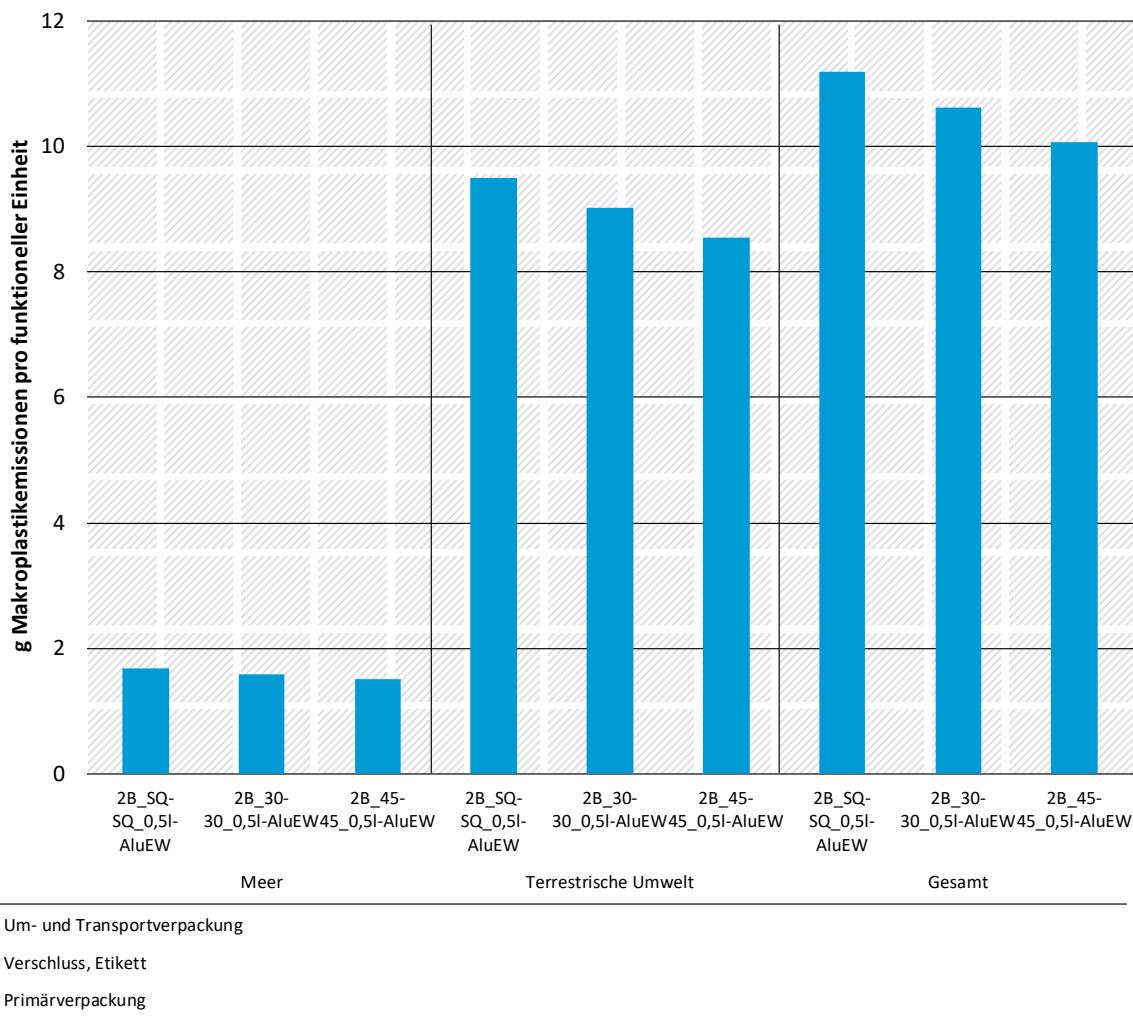
Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment	Lebensweg-abschnitt	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
Meer	Primärverpackung	-	-	-
	Verschluss, Etikett	-	-	-
	Um- und Transport-verpackung	1,7	1,6	1,5
Terrestrische Umwelt	Primärverpackung	-	-	-
	Verschluss, Etikett	-	-	-
	Um- und Transport-verpackung	9,5	9,0	8,6
Gesamt	Primärverpackung	-	-	-
	Verschluss, Etikett	-	-	-
	Um- und Transportverpackung	11,2	10,6	10,1

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 117: Makroplastikemissionen ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

**Ergebnisse Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung und Littering**



Quelle: ifeu 2023

**Tabelle 200: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung in g pro funktioneller Einheit (LFD02)**

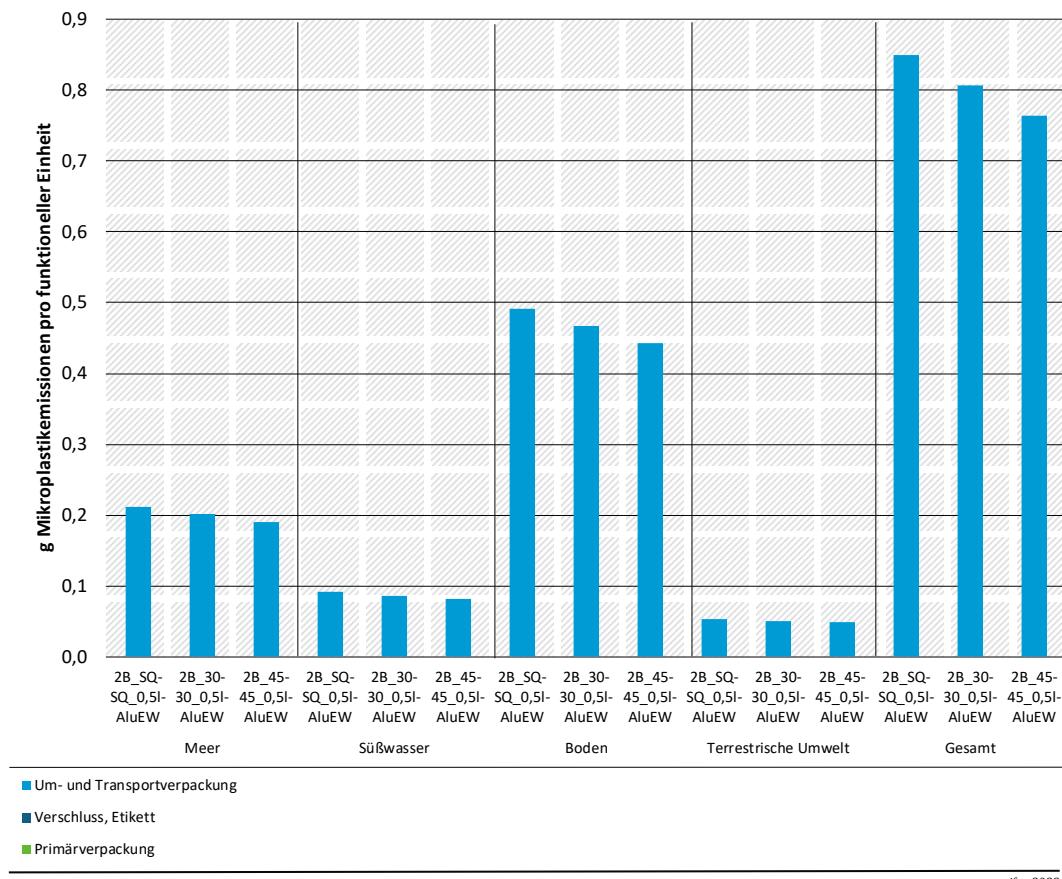
LFD 02: 0,5 l Getränkedose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment	Lebensweg-abschnitt	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
Meer	Primärverpackung	-	-	-
	Verschluss, Etikett	-	-	-
	Um- und Transport-verpackung	0,212	0,201	0,191
Süßwasser	Primärverpackung	-	-	-
	Verschluss, Etikett	-	-	-
	Um- und Transport-verpackung	0,091	0,087	0,082
Boden	Primärverpackung	-	-	-
	Verschluss, Etikett	-	-	-
	Um- und Transport-verpackung	0,492	0,467	0,442
Terrestrische Umwelt	Primärverpackung	-	-	-
	Verschluss, Etikett	-	-	-
	Um- und Transport-verpackung	0,054	0,051	0,0486
Gesamt	Primärverpackung	-	-	-
	Verschluss, Etikett	-	-	-
	Um- und Transport-verpackung	0,849	0,806	0,764

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 118: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

**Ergebnisse Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung**

ifeu 2023

**Tabelle 201: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb in g pro funktioneller Einheit (LFD02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

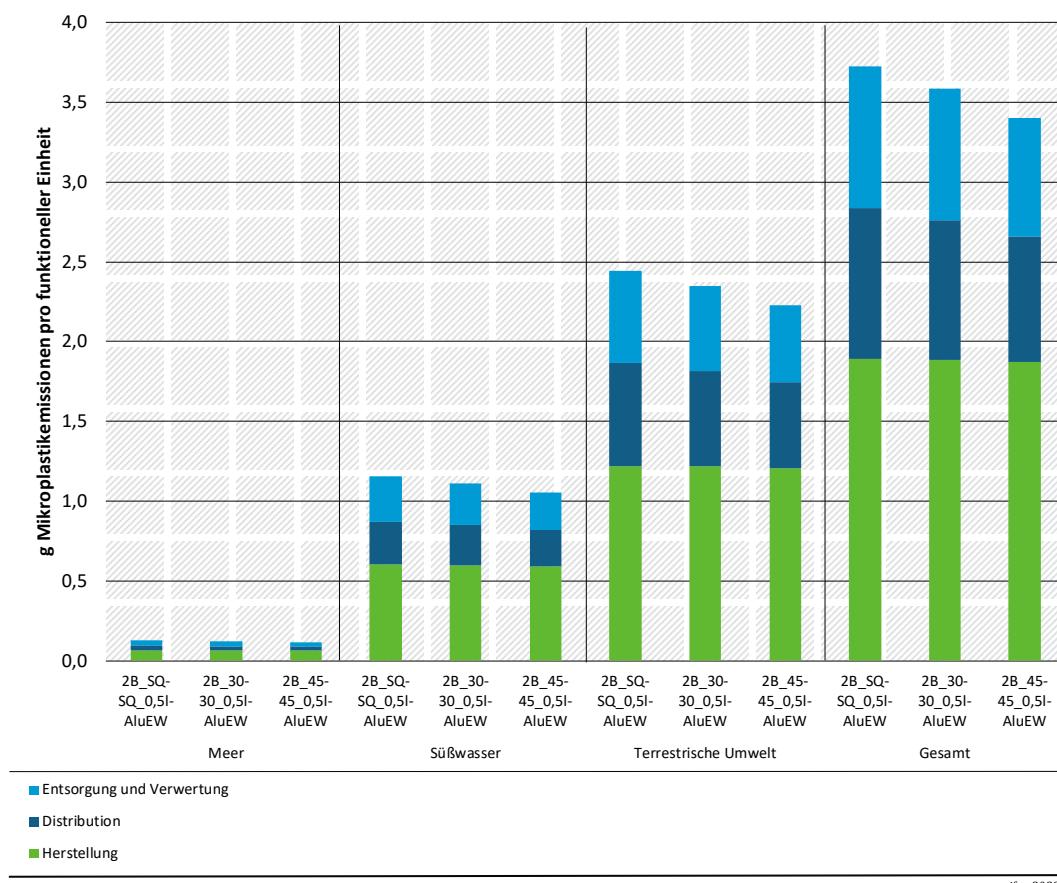
Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment	Lebensweg-abschnitt	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
Meer	Herstellung	0,067	0,066	0,066
	Distribution	0,030	0,028	0,025
	Entsorgung und Verwertung	0,031	0,029	0,026
Süßwasser	Herstellung	0,602	0,601	0,595
	Distribution	0,271	0,251	0,227

<b>Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment</b>	<b>Lebensweg-abschnitt</b>	<b>2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW</b>	<b>2B_30-30_0,5l-AluEW</b>	<b>2B_45-45_0,5l-AluEW</b>
Terrestrische Umwelt	Entsorgung und Verwertung	0,281	0,259	0,233
	Herstellung	1,223	1,220	1,209
	Distribution	0,644	0,595	0,539
Gesamt	Entsorgung und Verwertung	0,578	0,534	0,480
	Herstellung	1,892	1,887	1,870
	Distribution	0,945	0,874	0,791
	Entsorgung und Verwertung	0,890	0,822	0,739

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 119: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

**Ergebnisse Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb**

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- Bis 2045 verringern sich die Gewichte der eingesetzten Folierungen in der Um- und Transportverpackung der untersuchten Aluminiumdose. Dadurch nehmen die damit verbundenen Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung kontinuierlich bis 2045 in allen betrachteten Umweltkompartimenten ab.
- Ebenso reduzieren sich die Mikroplastikemissionen aus der Produktion der Folie durch die kontinuierlich bis 2045 verringerte Masse an Folie pro funktioneller Einheit.

Die Mikroplastikemissionen durch den Reifenabrieb für die jeweils in den Lebenswegabschnitten „Herstellung“, „Distribution“ und „Entsorgung und Verwertung“ zusammengefassten Transporte verringern sich in allen betrachteten Umweltkompartimenten:

- Für alle Bezugsjahre tragen die der Herstellung zugeordneten Transporte den größten Anteil zum Gesamtergebnis bei. Dabei fallen die hier erzielten Minderungen bis 2045 tendenziell gering aus.
- Die Verminderung der Mikroplastikemissionen aus den Transporten der Vorprodukte bzw. aus den Transporten des Verwertungs- und Entsorgungsabschnittes sind vornehmlich auf

die Verschiebung der Stoffströme durch veränderte Quoten (Sekundärmaterialgehalt) im System zurückzuführen.

- ▶ Die Mikroplastikemissionen durch den Reifenabrieb bei der Distribution der Aluminiumdose verringern sich aufgrund der abnehmenden Distributionsentfernung bis 2045.
- ▶ Das Minderungspotenzial bezüglich der Mikroplastikemissionen aus der Distribution sowie aus den Transporten der Entsorgung und Verwertung fällt ähnlich aus und ist deutlich größer als das des Lebenswegabschnitts der Herstellung.

#### 5.4.3.2 Ergebnisse der 1,5 l PET EW Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 05)

Nachfolgend sind die Ergebnisse für die 1,5 l PET Einwegflasche (LFD05) dokumentiert.

**Tabelle 202: Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung und Littering in g pro funktioneller Einheit (LFD05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

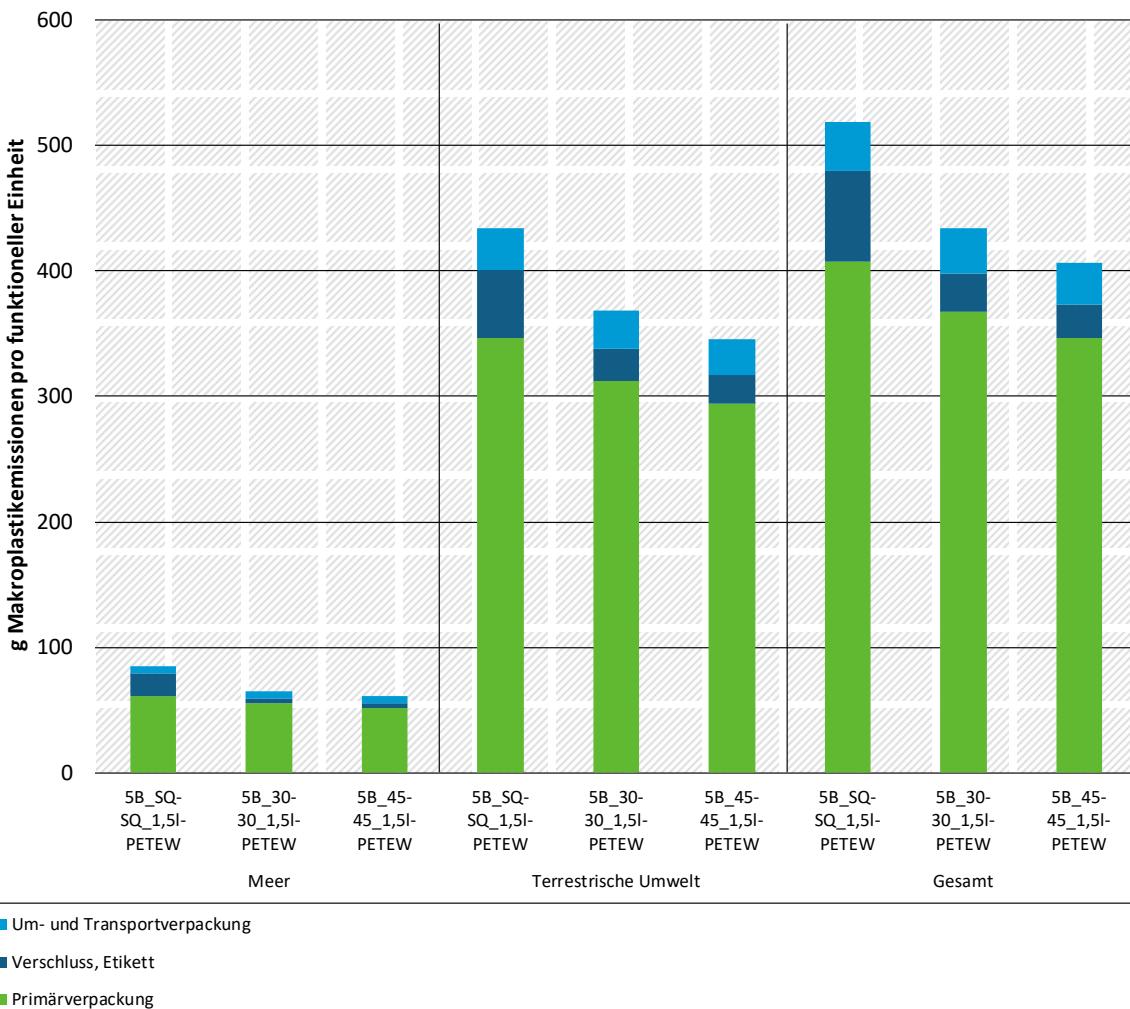
Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment	Lebensweg-abschnitt	5B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	5B_30-30_1,5l-PETEW	5B_45-45_1,5l-PETEW
Meer	Primärverpackung	61,2	55,1	51,9
	Verschluss, Etikett	18,0	4,5	4,1
	Um- und Transport-verpackung	5,9	5,4	4,9
Terrestrische Umwelt	Primärverpackung	346,5	312,4	294,3
	Verschluss, Etikett	53,9	25,6	23,3
	Um- und Transport-verpackung	33,6	30,8	27,7
Gesamt	Primärverpackung	407,7	367,6	346,2
	Verschluss, Etikett	71,9	30,1	27,4
	Um- und Transport-verpackung	39,6	36,2	32,6

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 120: Makroplastikemissionen ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Ergebnisse Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung und Littering**



Quelle: ifeu 2023

**Tabelle 203: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung in g pro funktioneller Einheit (LFD 05)**

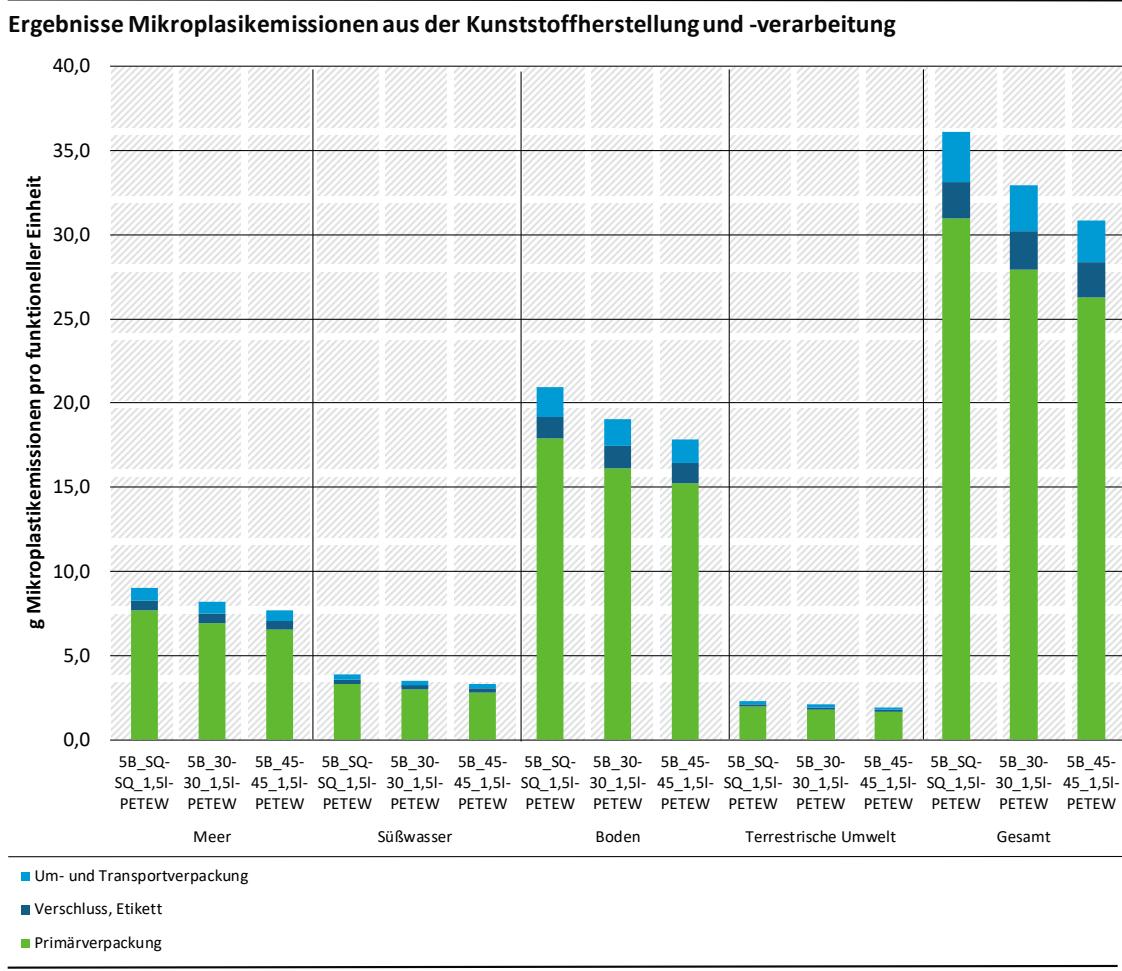
LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment	Lebensweg-abschnitt	5B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	5B_30-30_1,5l-PETEW	5B_45-45_1,5l-PETEW
Meer	Primärverpackung	7,7	7,0	6,6
	Verschluss, Etikett	0,54	0,57	0,52
	Um- und Transport-verpackung	0,75	0,68	0,62
Süßwasser	Primärverpackung	3,3	3,0	2,8
	Verschluss, Etikett	0,24	0,25	0,22
	Um- und Transport-verpackung	0,32	0,30	0,27
Boden	Primärverpackung	17,9	16,2	15,2
	Verschluss, Etikett	1,26	1,33	1,20
	Um- und Transport-verpackung	1,74	1,59	1,43
Terrestrische Umwelt	Primärverpackung	2,0	1,8	1,7
	Verschluss, Etikett	0,14	0,15	0,13
	Um- und Transport-verpackung	0,19	0,17	0,16
Gesamt	Primärverpackung	30,9	27,9	26,3
	Verschluss, Etikett	2,18	2,29	2,08
	Um- und Transport-verpackung	3,00	2,75	2,47

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 121: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke



ifeu 2023

**Tabelle 204: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb in g pro funktioneller Einheit (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment	Lebensweg-abschnitt	5B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	5B_30-30_1,5l-PETEW	5B_45-45_1,5l-PETEW
Meer	Herstellung	0,019	0,015	0,012
	Distribution	0,013	0,012	0,011
	Entsorgung und Verwertung	0,014	0,015	0,017
Süßwasser	Herstellung	0,174	0,136	0,105
	Distribution	0,116	0,106	0,095

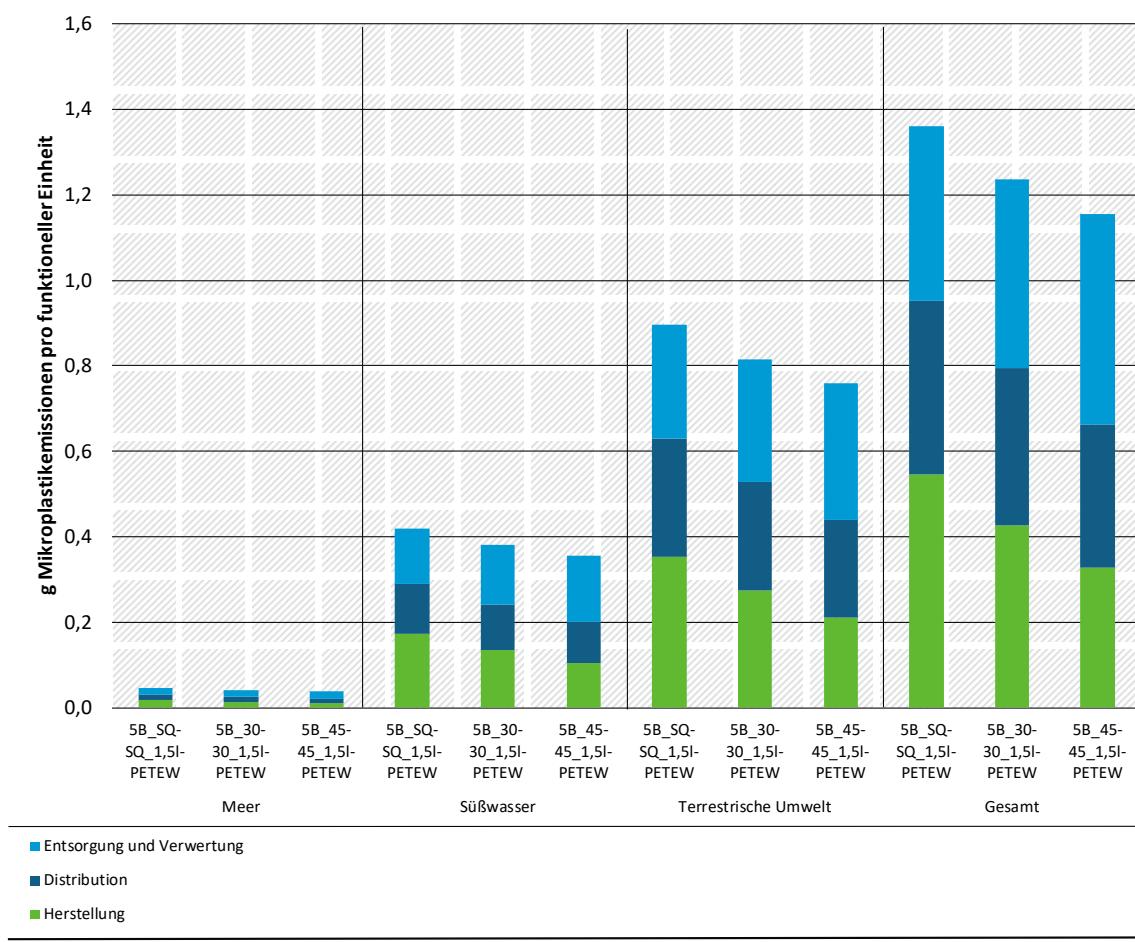
<b>Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment</b>	<b>Lebensweg-abschnitt</b>	<b>5B_SQ-SQ_1,5l-PETEW</b>	<b>5B_30-30_1,5l-PETEW</b>	<b>5B_45-45_1,5l-PETEW</b>
Terrestrische Umwelt	Entsorgung und Verwertung	0,129	0,139	0,156
	Herstellung	0,354	0,276	0,213
	Distribution	0,275	0,251	0,227
Gesamt	Entsorgung und Verwertung	0,266	0,287	0,321
	Herstellung	0,547	0,427	0,329
	Distribution	0,404	0,369	0,333
	Entsorgung und Verwertung	0,410	0,441	0,494

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 122: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Ergebnisse Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb**



Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- ▶ Die größten Beiträge an Makroplastikemissionen als auch an Mikroplastikemissionen aus der Herstellung sind über alle Betrachtungszeiträume hinweg in allen Umweltkompartimenten dem PET Flaschenkörper zuzuordnen.
- ▶ Gewichtsreduzierungen am Flaschenkörper verringern den Beitrag der damit verbundenen Makro- und Mikroplastikemissionen kontinuierlich bis 2045.
- ▶ Ab 2030 führt die Umstellung auf „tethered caps“ zu einer deutlichen Minderung der Makroplastikemissionen aus dem Lebenswegabschnitt „Verschluss, Etikett“ in allen betrachteten Umweltkompartimenten. Damit nähert sich die Größenordnung dem Beitrag aus der Um- und Transportverpackung an.
- ▶ Die Umstellung auf „tethered caps“ geht allerdings im Falle der betrachteten PET Einwegflasche mit einer leichten Gewichtserhöhung in 2030 einher, bevor das Gewicht in 2045 abnimmt. Dies führt zu einem leichten Anstieg der Mikroplastikemissionen bei der Produktion im Zusammenhang mit den Verschlüssen, bevor sich der Beitrag bis 2045 schließlich vermindert.

- ▶ Kontinuierliche Gewichtsreduzierungen bei der eingesetzten Um- und Transportverpackung (Folierung) führen ebenfalls zu einer Verringerung der damit verbundenen Mikroplastikemissionen aus der Herstellung bis 2045.
- ▶ Für das betrachtete PET Einwegsystem nehmen die Mikroplastikemissionen aus dem Reifenabrieb der Distribution sowie aus den Transporten der Vorprodukte kontinuierlich bis 2045 in allen betrachteten Umweltkompartimenten ab. Dabei zeigt sich vor allem für die Transporte der Vorprodukte eine große Verringerung der Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb.
- ▶ Die Mikroplastikemissionen aus den Transporten des Verwertungs- und Entsorgungsabschnittes erhöhen sich hingegen in allen betrachteten Umweltkompartimenten bis 2045 kontinuierlich. Dies ist auf das erhöhte Recycling aufgrund höherer Sekundärmaterialanteile und den damit einhergehenden Transporten zurückzuführen.

#### 5.4.3.3 Ergebnisse der 0,7 l Glas MW Pool Flasche im Getränkesegment karbonisierte Getränke (LFD 13)

Nachfolgend sind die Ergebnisse für die 0,7 l Glas Mehrwegflasche (LFD13) dokumentiert.

**Tabelle 205: Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung und Littering in g pro funktioneller Einheit (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

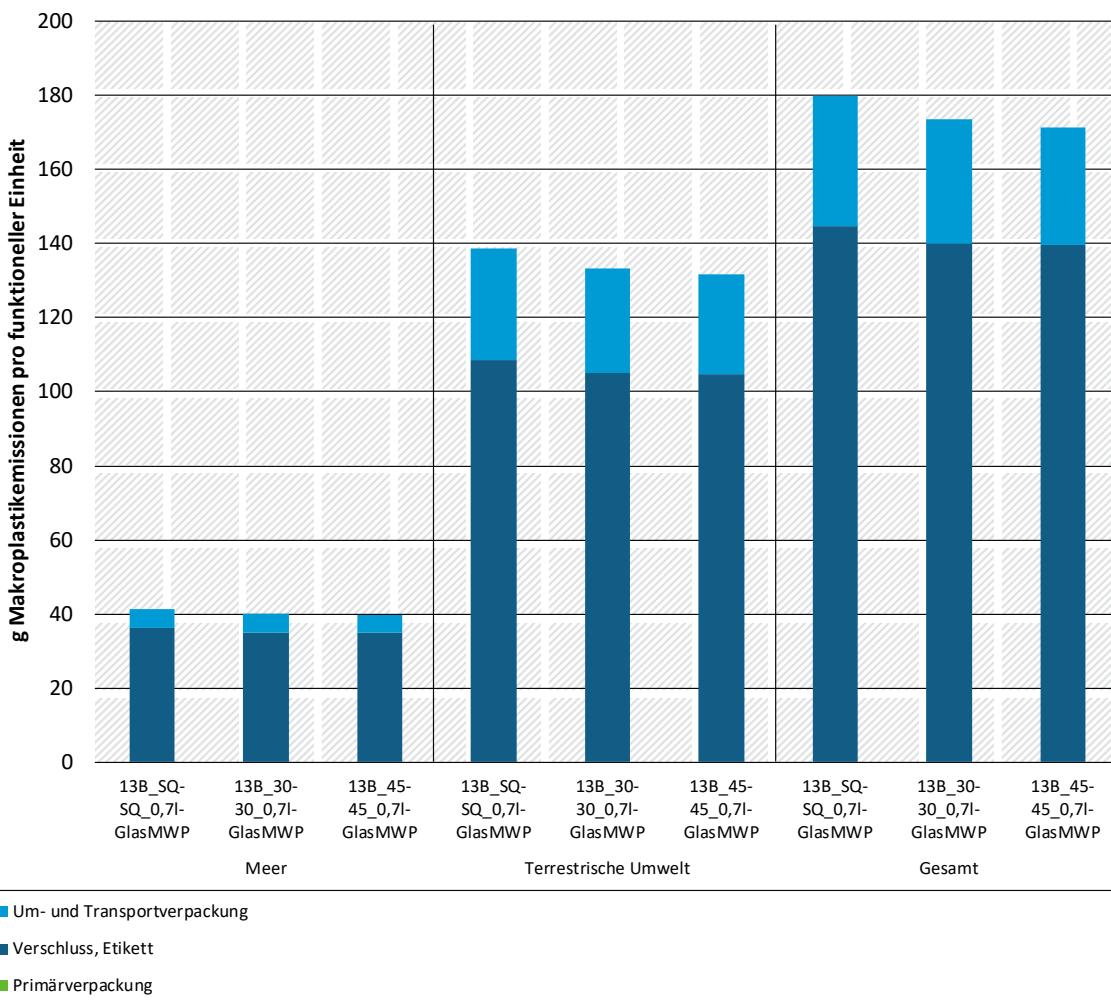
Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment	Lebenswegabschnitt	13B_SQ-SQ_0,7l-GlasMWP	13B_30-30_0,7l-GlasMWP	13B_45-45_0,7l-GlasMWP
Meer	Primärverpackung	-	-	-
	Verschluss, Etikett	36,2	35,0	34,9
	Um- und Transportverpackung	5,3	5,0	4,8
Terrestrische Umwelt	Primärverpackung	-	-	-
	Verschluss, Etikett	108,5	104,9	104,6
	Um- und Transportverpackung	30,0	28,5	27,0
Gesamt	Primärverpackung	-	-	-
	Verschluss, Etikett	144,7	139,9	139,5
	Um- und Transportverpackung	35,3	33,5	31,8

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 123: Makroplastikemissionen ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Ergebnisse Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung und Littering**



Quelle: ifeu 2023

**Tabelle 206: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung in g pro funktioneller Einheit (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

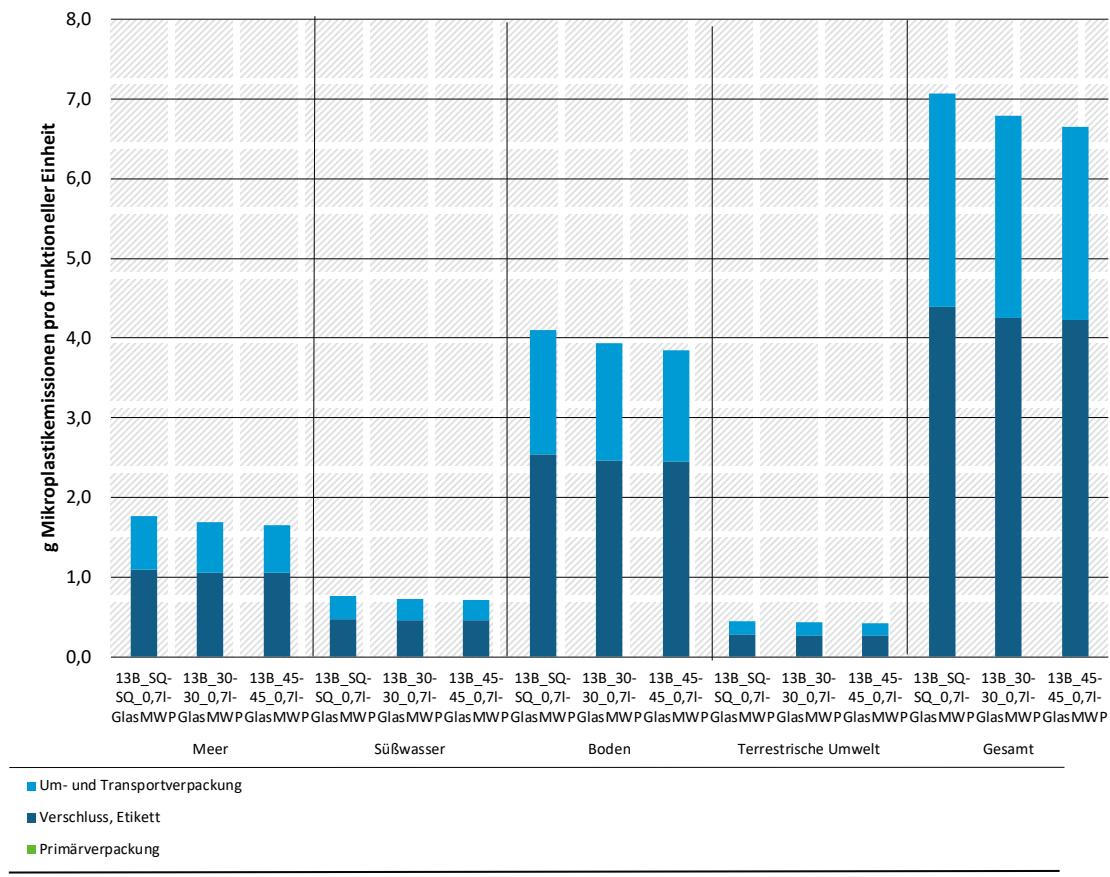
Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment	Lebensweg-abschnitt	13B_SQ-SQ_0,7l-GlasMWP	13B_30-30_0,7l-GlasMWP	13B_45-45_0,7l-GlasMWP
Meer	Primärverpackung	-	-	-
	Verschluss, Etikett	1,10	1,06	1,06
	Um- und Transport-verpackung	0,67	0,63	0,60
Süßwasser	Primärverpackung	-	-	-
	Verschluss, Etikett	0,47	0,46	0,46
	Um- und Transport-verpackung	0,29	0,27	0,26
Boden	Primärverpackung	-	-	-
	Verschluss, Etikett	2,54	2,46	2,45
	Um- und Transport-verpackung	1,55	1,47	1,40
Terrestrische Umwelt	Primärverpackung	-	-	-
	Verschluss, Etikett	0,28	0,27	0,27
	Um- und Transport-verpackung	0,17	0,16	0,15
Gesamt	Primärverpackung			
	Verschluss, Etikett	4,39	4,25	4,23
	Um- und Transport-verpackung	2,68	2,54	2,41

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 124: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Ergebnisse Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung



ifeu 2023

**Tabelle 207: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb in g pro funktioneller Einheit (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment	Lebensweg-abschnitt	13B_SQ-SQ_0,7l-GlasMWP	13B_30-30_0,7l-GlasMWP	13B_45-45_0,7l-GlasMWP
Meer	Herstellung	0,017	0,013	0,012
	Distribution	0,217	0,183	0,163
	Entsorgung und Verwertung	0,015	0,014	0,013
Süßwasser	Herstellung	0,150	0,114	0,107
	Distribution	1,960	1,655	1,469

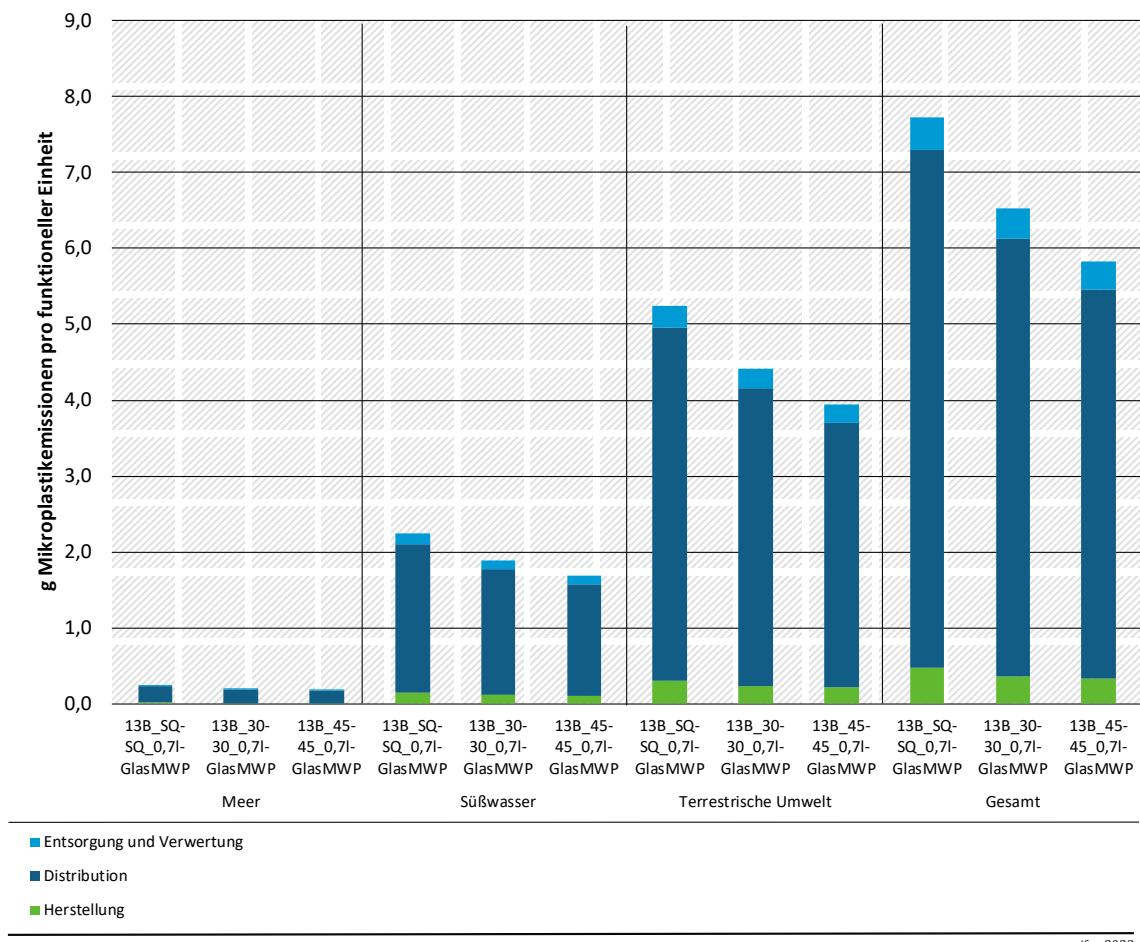
<b>Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment</b>	<b>Lebensweg-abschnitt</b>	<b>13B_SQ-SQ_0,7l-GlasMWP</b>	<b>13B_30-30_0,7l-GlasMWP</b>	<b>13B_45-45_0,7l-GlasMWP</b>
Terrestrische Umwelt	Entsorgung und Verwertung	0,136	0,125	0,117
	Herstellung	0,305	0,232	0,218
	Distribution	4,652	3,928	3,487
Gesamt	Entsorgung und Verwertung	0,279	0,257	0,242
	Herstellung	0,471	0,358	0,338
	Distribution	6,829	5,767	5,118
	Entsorgung und Verwertung	0,430	0,396	0,372

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 125: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

**Ergebnisse Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb**



ifeu 2023

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- Bis 2045 verringert sich die Gewichte der eingesetzten Um- und Transportverpackung (Kasten und Sicherungsband) bzw. das Verschlussgewicht der untersuchten Glasmehrwegflasche. Dadurch nehmen die damit verbundenen Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung kontinuierlich bis 2045 in allen betrachteten Umweltkompartimenten ab.
- Eine Umstellung auf „tethered caps“ ist für die Glasmehrwegsysteme perspektivisch nicht angedacht. Die prospektive Minderung der Makroplastikemissionen aus dem Lebenswegabschnitt „Verschluss, Etikett“ fällt demnach eher gering aus und ist auf die zukünftigen Materialeinsparungen zurückzuführen.
- Die mit der Herstellung der Verpackungskomponenten verbundenen Mikroplastikemissionen verringern sich kontinuierlich bis 2045 ebenfalls aufgrund der oben genannten Gewichtsreduzierungen und der damit einhergehenden verringerten Materialmasse pro funktioneller Einheit.

- ▶ Die mit dem Lebenswegabschnitt „Verschluss, Etikett“ verbundenen Makro- bzw. Mikroplastikemissionen tragen den größten Anteil am Gesamtergebnis in allen betrachteten Umweltkompartimenten.
- ▶ Für das betrachtete Glasmehrwegsystem sind vor allem die Mikroplastikemissionen aus dem Reifenabrieb der Distribution maßgeblich. Bis 2045 erfährt die Distribution aufgrund der abnehmenden Distributionsentfernung eine große Minderung. Jedoch liefert dieser Lebenswegabschnitt auch für die prospektiven Betrachtungszeiträume den größten Beitrag an Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb zum Gesamtergebnis.
- ▶ Ebenso vermindern sich die Mikroplastikemissionen aus den Transporten der Vorprodukte bzw. aus den Transporten des Verwertungs- und Entsorgungsabschnittes kontinuierlich.

#### 5.4.3.4 Ergebnisse der 1,0 l PET MW Pool Flasche im Getränkesegment stille Getränke (LFD 23)

Nachfolgend sind die Ergebnisse für die 1,0 l PET Mehrwegflasche (LFD23) dokumentiert.

**Tabelle 208: Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung und Littering in g pro funktioneller Einheit (LFD 23)**

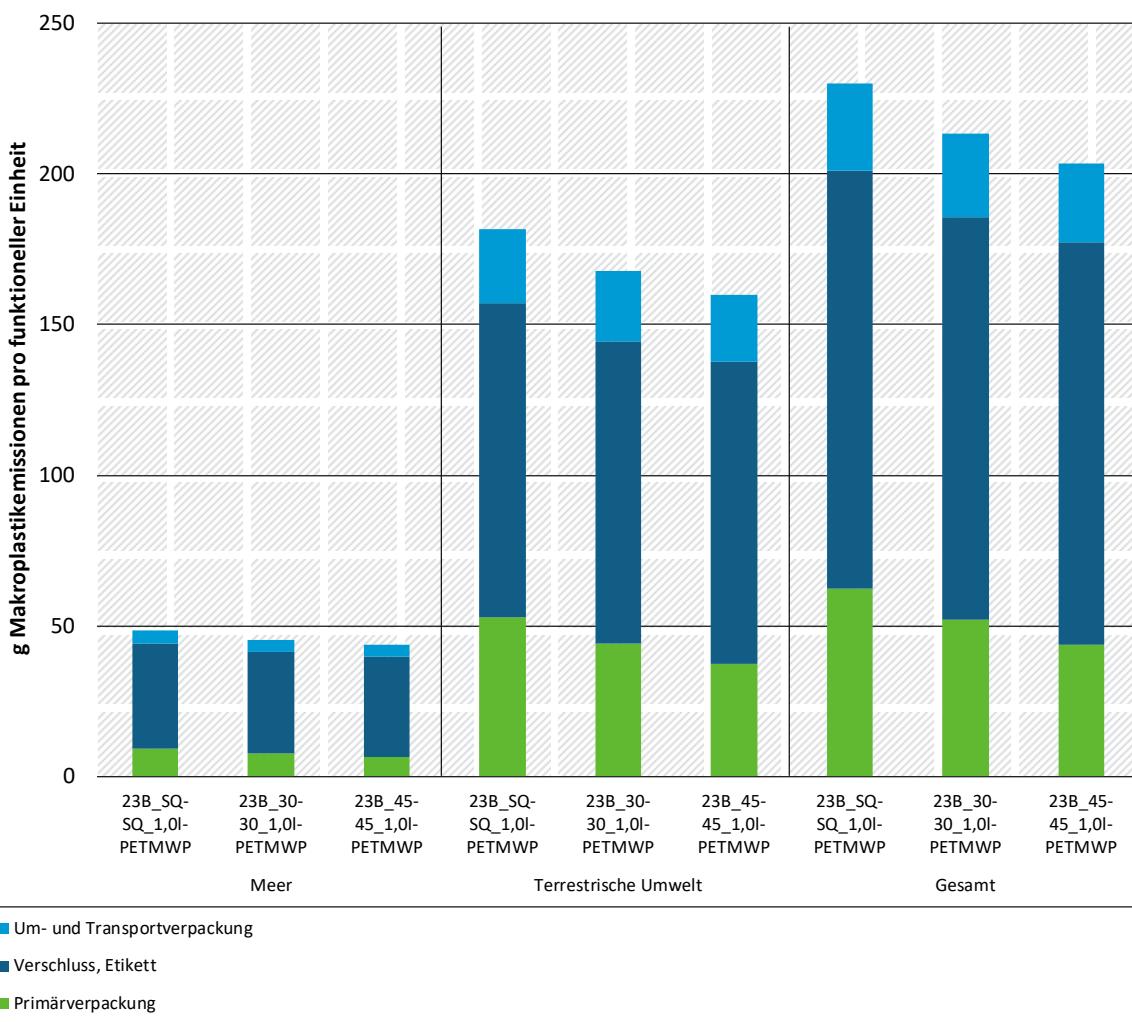
LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment	Lebensweg-abschnitt	23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP	23B_30-30_1,0l-PETMWP	23B_45-45_1,0l-PETMWP
Meer	Primärverpackung	9,3	7,8	6,6
	Verschluss, Etikett	34,7	33,4	33,4
	Um- und Transport-verpackung	4,3	4,1	3,9
Terrestrische Umwelt	Primärverpackung	53,0	44,3	37,3
	Verschluss, Etikett	104,0	100,2	100,2
	Um- und Transport-verpackung	24,6	23,4	22,2
Gesamt	Primärverpackung	62,3	52,1	43,9
	Verschluss, Etikett	138,7	133,6	133,6
	Um- und Transport-verpackung	29,0	27,5	26,1

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 126: Makroplastikemissionen ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

**Ergebnisse Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung und Littering**

Quelle: ifeu 2023

**Tabelle 209: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung in g pro funktioneller Einheit (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

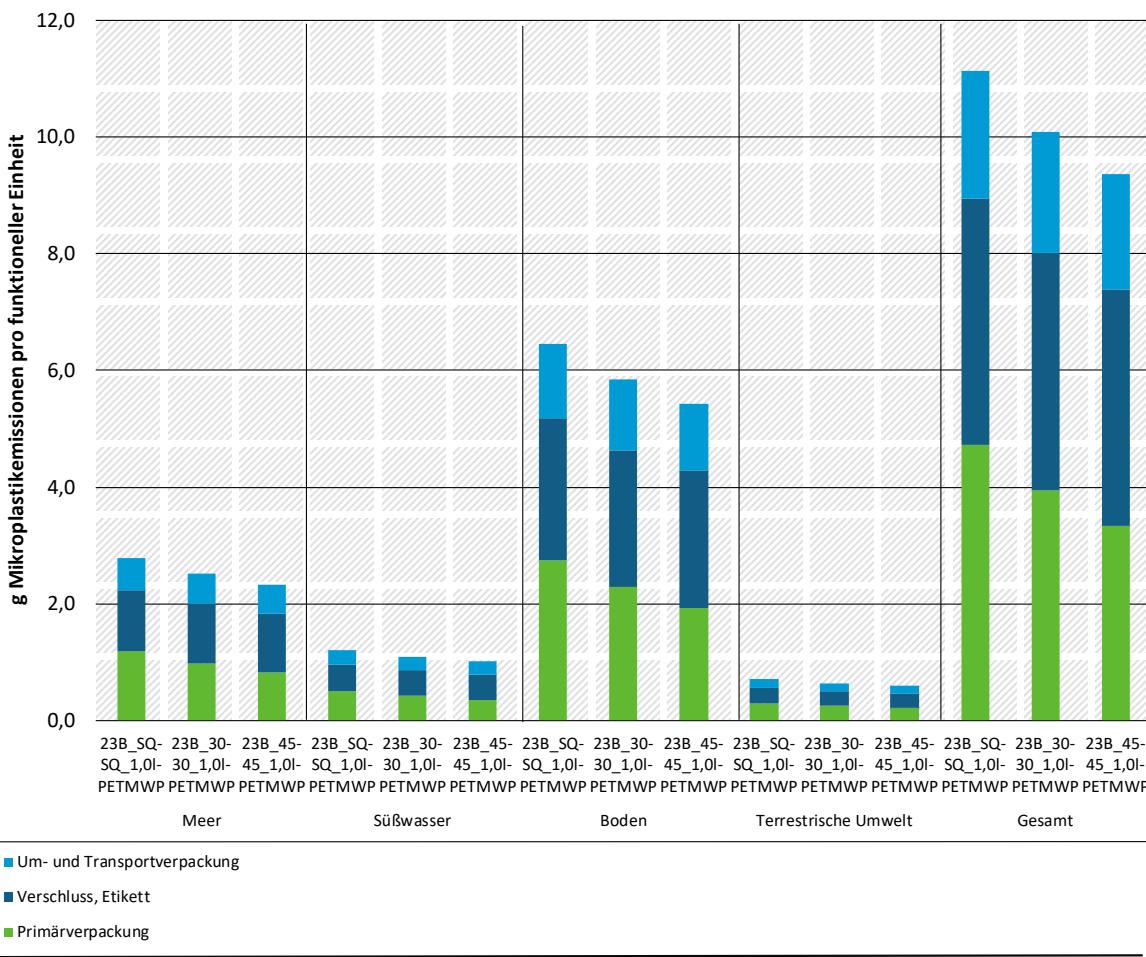
Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment	Lebensweg-abschnitt	23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP	23B_30-30_1,0l-PETMWP	23B_45-45_1,0l-PETMWP
Meer	Primärverpackung	1,18	0,99	0,83
	Verschluss, Etikett	1,05	1,01	1,01

<b>Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment</b>	<b>Lebensweg-abschnitt</b>	<b>23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP</b>	<b>23B_30-30_1,0l-PETMWP</b>	<b>23B_45-45_1,0l-PETMWP</b>
Süßwasser	Um- und Transport-verpackung	0,55	0,52	0,49
	Primärverpackung	0,51	0,43	0,36
	Verschluss, Etikett	0,45	0,44	0,44
Boden	Um- und Transport-verpackung	0,24	0,23	0,21
	Primärverpackung	2,74	2,29	1,93
	Verschluss, Etikett	2,44	2,35	2,35
Terrestrische Umwelt	Um- und Transport-verpackung	1,27	1,21	1,15
	Primärverpackung	0,30	0,25	0,21
	Verschluss, Etikett	0,27	0,26	0,26
Gesamt	Um- und Transport-verpackung	0,14	0,13	0,13
	Primärverpackung	4,73	3,95	3,33
	Verschluss, Etikett	4,21	4,06	4,06
	Um- und Transport-verpackung	2,20	2,09	1,98

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 127: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

**Ergebnisse Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung**

ifeu 2023

**Tabelle 210: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb in g pro funktioneller Einheit (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment	Lebensweg-abschnitt	23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP	23B_30-30_1,0l-PETMWP	23B_45-45_1,0l-PETMWP
Meer	Herstellung	0,0071	0,0062	0,0057
	Distribution	0,0520	0,0441	0,0424
	Entsorgung und Verwertung	0,0058	0,0045	0,0048
Süßwasser	Herstellung	0,0641	0,0563	0,0512

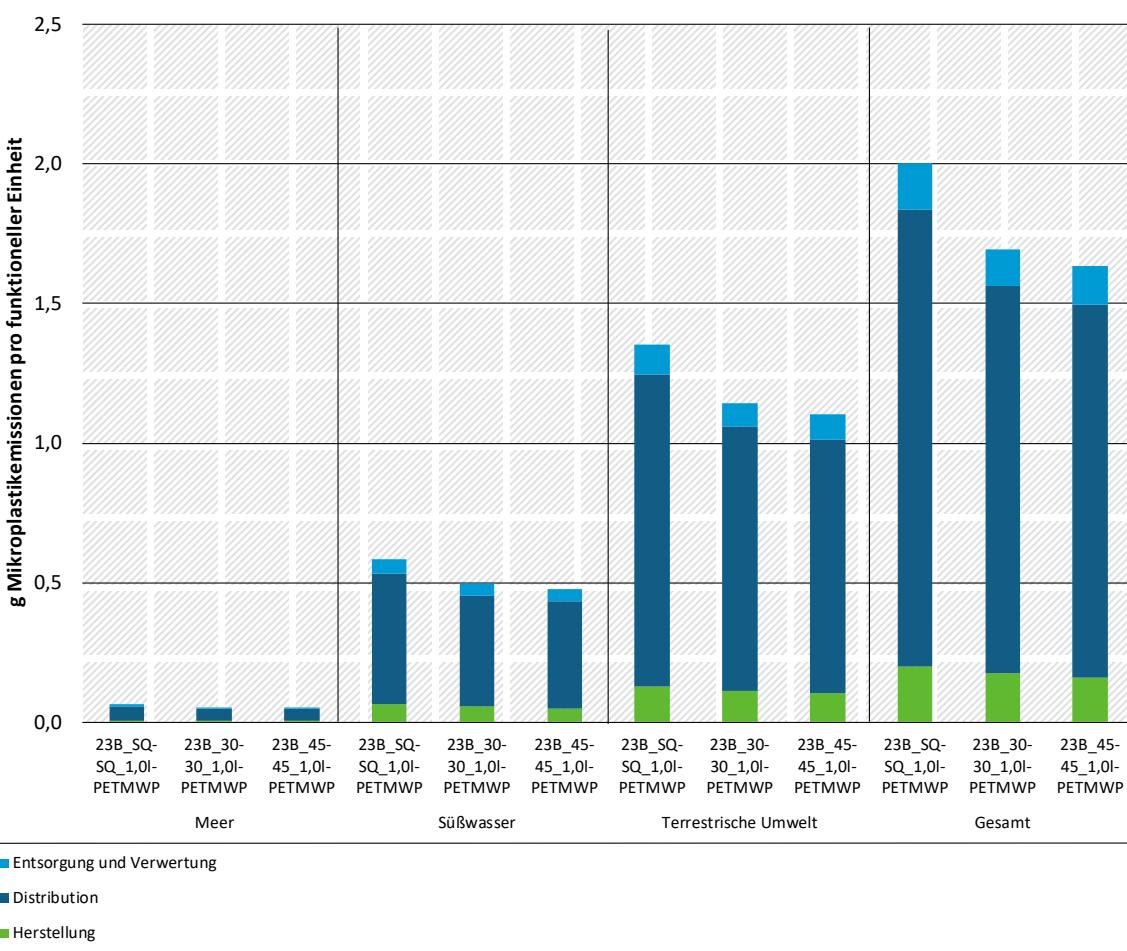
<b>Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment</b>	<b>Lebensweg-abschnitt</b>	<b>23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP</b>	<b>23B_30-30_1,0l-PETMWP</b>	<b>23B_45-45_1,0l-PETMWP</b>
Terrestrische Umwelt	Distribution	0,4696	0,3983	0,3832
	Entsorgung und Verwertung	0,0523	0,0409	0,0434
	Herstellung	0,1301	0,1143	0,1040
Gesamt	Distribution	1,1145	0,9452	0,9094
	Entsorgung und Verwertung	0,1076	0,0841	0,0894
	Herstellung	0,2013	0,1768	0,1610
	Distribution	1,6360	1,3876	1,3351
	Entsorgung und Verwertung	0,1656	0,1295	0,1377

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 128: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

**Ergebnisse Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb**



ifeu 2023

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- ▶ Die größten Beiträge an Makroplastikemissionen im SQ sind für die betrachtete PET Mehrwegflasche dem „Verschluss, Etikett“ zuzuordnen.
- ▶ Eine Umstellung auf „tethered caps“ ist für die betrachteten PET Mehrwegflaschen prospektiv nicht angedacht. Die Minderung der Makroplastikemissionen aus dem Lebenswegabschnitt „Verschluss, Etikett“ fällt daher eher gering aus und ist auf die prospektiv angenommenen Materialeinsparungen zurückzuführen.
- ▶ Gewichtsreduzierungen bei der eingesetzten Um- und Transportverpackung (Kasten und Sicherungsband) führen ebenfalls zu einer Verringerung der damit verbundenen Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung.
- ▶ Die mit der Herstellung der Verpackungskomponenten verbundenen Mikroplastikemissionen verringern sich ebenfalls kontinuierlich bis 2045 aufgrund von Gewichtsreduzierungen bei den Verpackungskomponenten aber auch durch die Erhöhung der Umlaufzahl der PET Mehrwegflasche.

- Für das betrachtete PET Mehrwegsystem sind vor allem die Mikroplastikemissionen aus dem Reifenabrieb der Distribution maßgeblich. Bis 2045 erfährt die Distribution aufgrund der abnehmenden Distributionsentfernungen eine große Minderung. Jedoch liefert dieser Lebenswegabschnitt auch für die prospektiven Betrachtungszeiträume den größten Beitrag an Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb zum Gesamtergebnis.
- Die Mikroplastikemissionen aus den Transporten der Vorprodukte bzw. aus den Transporten des Verwertungs- und Entsorgungsabschnittes nehmen bis 2045 ebenfalls kontinuierlich ab.

#### 5.4.3.5 Ergebnisse des 1,0 l Getränkeverbundkartons im Getränkesegment Säfte und Nektare (LFD 25)

Nachfolgend sind die Ergebnisse für den 1,0 l Getränkeverbundkarton (LFD25) dokumentiert.

**Tabelle 211: Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung und Littering in g pro funktioneller Einheit (LFD 25)**

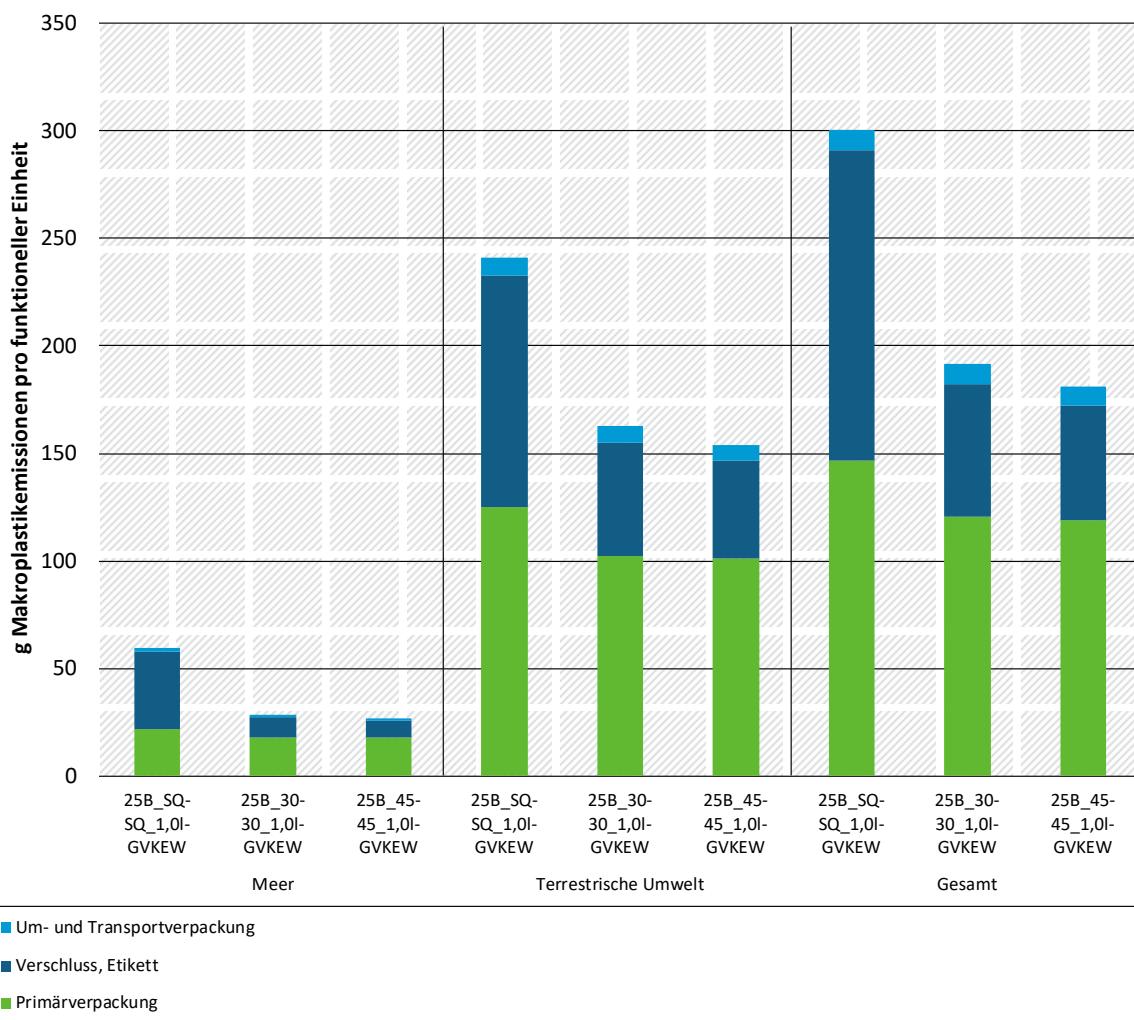
LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment	Lebensweg-abschnitt	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25B_30-30_1,0l-GVKEW	25B_45-45_1,0l-GVKEW
Meer	Primärverpackung	22,0	18,1	17,8
	Verschluss, Etikett	36,0	9,3	8,0
	Um- und Transport-verpackung	1,5	1,4	1,3
Terrestrische Umwelt	Primärverpackung	124,9	102,3	101,0
	Verschluss, Etikett	107,9	52,8	45,4
	Um- und Transport-verpackung	8,2	7,8	7,4
Gesamt	Primärverpackung	146,9	120,4	118,9
	Verschluss, Etikett	143,9	62,1	53,5
	Um- und Transport-verpackung	9,7	9,2	8,7

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 129: Makroplastikemissionen ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

**Ergebnisse Makroplastikemissionen aus der Abfallbehandlung und Littering**

Quelle: ifeu 2023

**Tabelle 212: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung in g pro funktioneller Einheit (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

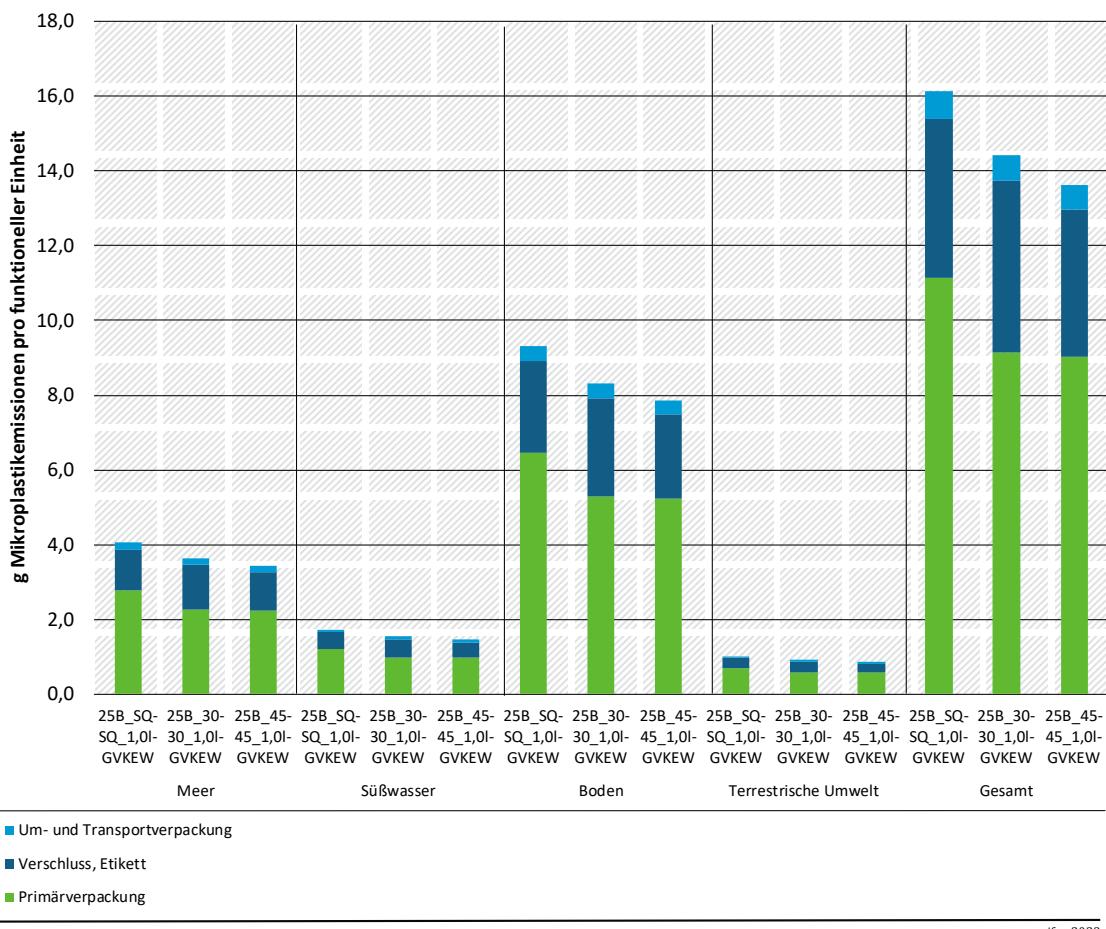
Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment	Lebensweg-abschnitt	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25B_30-30_1,0l-GVKEW	25B_45-45_1,0l-GVKEW
Meer	Primärverpackung	2,78	2,28	2,25
	Verschluss, Etikett	1,09	1,18	1,01
	Um- und Transport-verpackung	0,184	0,174	0,165

<b>Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment</b>	<b>Lebensweg-abschnitt</b>	<b>25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW</b>	<b>25B_30-30_1,0l-GVKEW</b>	<b>25B_45-45_1,0l-GVKEW</b>
Süßwasser	Primärverpackung	1,20	0,98	0,97
	Verschluss, Etikett	0,45	0,49	0,42
	Um- und Transport-verpackung	0,079	0,075	0,071
Boden	Primärverpackung	6,46	5,29	5,23
	Verschluss, Etikett	2,44	2,63	2,26
	Um- und Transport-verpackung	0,426	0,405	0,383
Terrestrische Umwelt	Primärverpackung	0,71	0,58	0,57
	Verschluss, Etikett	0,27	0,29	0,25
	Um- und Transport-verpackung	0,047	0,044	0,042
Gesamt	Primärverpackung	11,15	9,13	9,02
	Verschluss, Etikett	4,26	4,59	3,94
	Um- und Transport-verpackung	0,736	0,699	0,662

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 130: Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

**Ergebnisse Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung**

ifeu 2023

**Tabelle 213: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb in g pro funktioneller Einheit (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

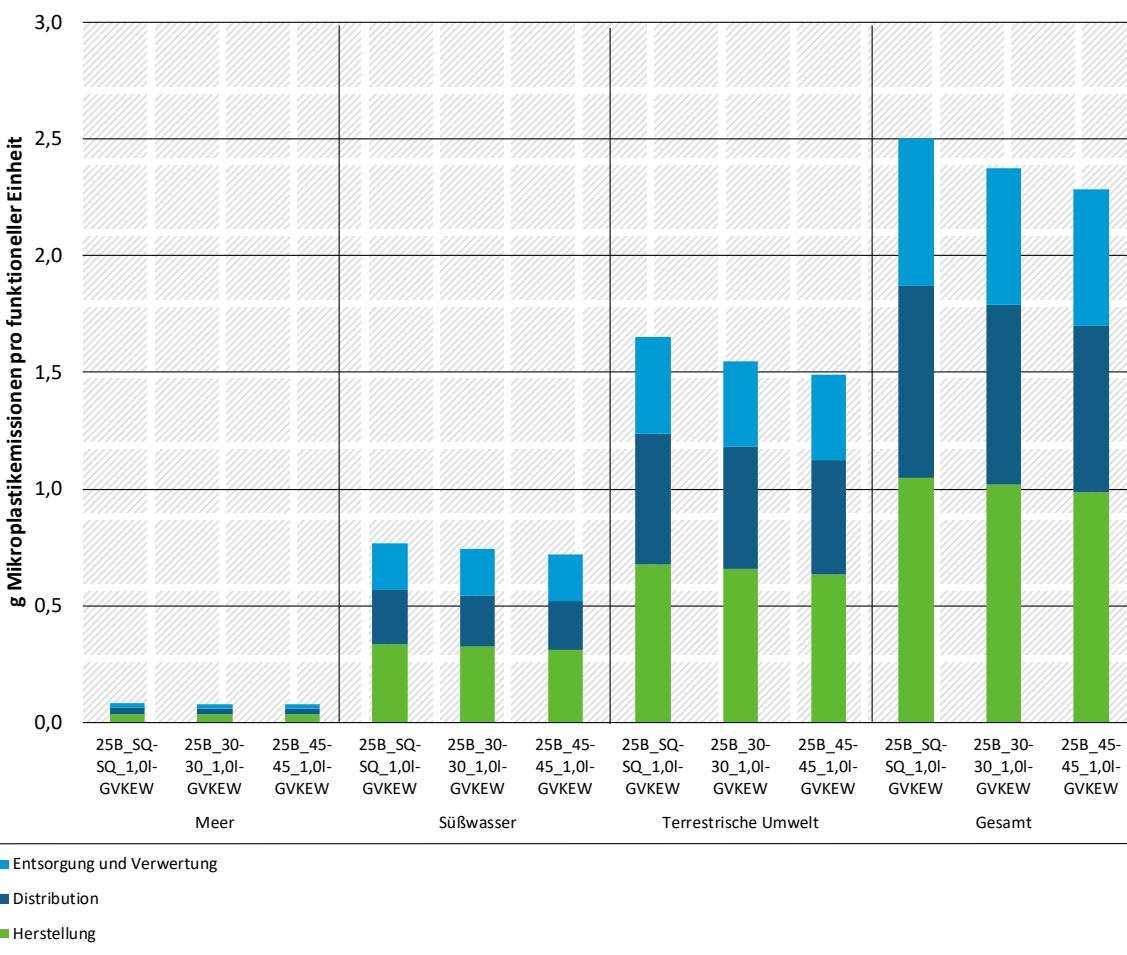
Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment	Lebensweg-abschnitt	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25B_30-30_1,0l-GVKEW	25B_45-45_1,0l-GVKEW
Meer	Herstellung	0,037	0,036	0,035
	Distribution	0,026	0,025	0,023
	Entsorgung und Verwertung	0,022	0,020	0,020
Süßwasser	Herstellung	0,333	0,324	0,313
	Distribution	0,236	0,222	0,205

<b>Finaler Eintrag ins Umwelt-kompartiment</b>	<b>Lebensweg-abschnitt</b>	<b>25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW</b>	<b>25B_30-30_1,0l-GVKEW</b>	<b>25B_45-45_1,0l-GVKEW</b>
Terrestrische Umwelt	Entsorgung und Verwertung	0,200	0,200	0,200
	Herstellung	0,677	0,658	0,637
	Distribution	0,561	0,526	0,486
Gesamt	Entsorgung und Verwertung	0,412	0,364	0,368
	Herstellung	1,047	1,017	0,985
	Distribution	0,824	0,772	0,713
	Entsorgung und Verwertung	0,634	0,583	0,588

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Abbildung 131: Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb ausgewertet nach Lebenswegabschnitt und Umweltkompartiment (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

**Ergebnisse Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb**

ifeu 2023

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- ▶ Das Ergebnis der Makroplastikemissionen im SQ wird für den betrachteten Getränkeverbundkarton durch den Beitrag aus „Verschluss, Etikett“ dominiert.
- ▶ Ab 2030 führt die Umstellung auf „tethered caps“ zu einer deutlichen Minderung der Makroplastikemissionen aus dem Lebenswegabschnitt „Verschluss, Etikett“ in allen betrachteten Umweltkompartimenten.
- ▶ Die Umstellung auf „tethered caps“ geht allerdings im Falle des betrachteten Getränkeverbundkartons mit einer leichten Gewichtserhöhung in 2030 einher, bevor das Gewicht in 2045 abnimmt. Dies führt zu einem leichten Anstieg der Mikroplastikemissionen bei der Produktion im Zusammenhang mit den Verschlüssen, bevor sich der Beitrag bis 2045 schließlich vermindert.
- ▶ Gewichtsreduzierungen bei der Primärverpackung als auch bei der Um- und Transportverpackung verringern den Beitrag der damit verbundenen Makro- und

Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung kontinuierlich bis 2045.

- ▶ Die potenziellen Mikroplastikemissionen aus dem Reifenabrieb verringern sich kontinuierlich bis 2045 in allen betrachteten Umweltkompartimenten. Dabei zeigt sich vor allem für die Distribution eine Verringerung der Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb.

#### **5.4.3.6 Zwischenfazit zur Bilanzierung von Kunststoffen in der Umwelt**

Aus der Auswertung der potenziellen Makro- und Mikroplastikemissionen für ausgewählte Verpackungssysteme lassen sich folgende Aussagen ableiten:

- ▶ Für alle Verpackungssysteme gilt, dass sich die aufsummierten Makro- und Mikroplastikemissionen aller Umweltkompartimente bis 2045 verringern.
- ▶ Für Verpackungssysteme mit Verschluss (PET EW, PET MW, Glas MW und GVK) ist die Umstellung auf „tethered caps“ ein entscheidender Faktor zur Reduzierung potenzieller Makroplastikemissionen.
- ▶ Gewichtsreduzierungen bei Einwegverpackungskomponenten sowie eine Erhöhung der Umlaufzahl bei Mehrwegkomponenten (PET Mehrwegflasche) wirken sich vorteilhaft auf die potenzielle Freisetzung von Mikroplastikemissionen aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung aus.
- ▶ Potenzielle Mikroplastikemissionen durch Reifenabrieb ist vor allem für die Distribution der Mehrwegsysteme relevant und direkt mit den Transportentfernungen verknüpft.
- ▶ Generell lässt sich feststellen, dass Makroplastikemissionen aus dem Lebenswegende die Ergebnisse zum Littering dominiert, während Mikroplastikemissionen aus Reifenabrieb und Mikroplastik aus der Kunststoffherstellung und -verarbeitung eher eine untergeordnete Rolle spielen.

Als weitere Ergänzung der Thematik wird nachfolgend der derzeitige Diskussionsstand sowie die Grenzen der Methodik dargestellt:

- ▶ Charakterisierungsmodelle und Faktoren, zur Berechnung der potenziellen Wirkungen von Makro- und Mikroplastik (auch aus unterschiedlichen Kunststoffen) sind derzeit noch in der Entwicklung.
- ▶ Eine potentielle Risikoabschätzung zu Littering kann derzeit nur auf Inventarebene stattfinden. Dies bedeutet, dass die Menge an Kunststoffen, welche potenziell in die jeweiligen Ökosysteme gelangt, vorerst nur abgeschätzt werden kann.
- ▶ Für die potentielle Wirkung von Makroabfall in der Umwelt ist weniger die chemische als die physikalische Charakteristik eines Materials entscheidend. Das bedeutet, dass die Form und Schärfe von Makroabfall entscheidend für den Schweregrad der Auswirkung auf z.B. Meerestiere sind.
- ▶ Die hier aufgezeigten Ergebnisse nähern sich der Thematik durch die Erfassung potentieller Makroplastikemissionen in die Umwelt auf Inventarebene. Dies dient als Ansatz, das akute Umweltproblemfeld der Ansammlung von Müll in den Meeren auch in Ökobilanzen zu thematisieren.

- ▶ Um allerdings die physikalischen Auswirkungen von Verpackungsmüll auf die Meerestiere zu adressieren, müssten neben den Kunststoffkomponenten jedoch auch alle anderen Materialarten einbezogen werden. Dies ist allerdings aufgrund fehlender Inventardaten zu Form und Schärfe derzeit noch nicht möglich.
- ▶ Die einfache Addition der Massen entsprechend der PLP Methodik ist nur bei Materialarten mit ähnlichen Dichten zielführend. Im vorliegenden Bericht wurden folglich nur die Kunststoffemissionen auf Inventarebene zum Aufzeigen von Hotspots herangezogen.
- ▶ Die verwendete Methodik beinhaltet nicht, dass Makroplastik in der Umwelt im Verlauf der Zeit zu Mikroplastik generiert wird. Um eine Indikation zu erhalten, kann als Vereinfachung angenommen werden, dass alle Makroplastikemissionen zu Mikroplastik zersetzt werden. Somit können die Makroplastikergebnisse auch zum Mikroplastikinventar gezählt werden.
- ▶ Ebenso bestehen derzeit noch hohe Unsicherheiten hinsichtlich der Berechnung der Mikroplastikemissionen aus der Herstellung und dem Reifenabrieb. Im vorliegenden Bericht dient die Auswertung der entsprechenden Mikroplastikemissionen damit dem Aufzeigen der Hotspots und einer Annäherung an die Thematik.

#### 5.4.4 Ergebnisse der Bilanzierung möglicher Lärmemissionen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Bilanzierung möglicher Lärmemissionen für ausgewählte Verpackungssysteme exemplarisch und ergänzend zu den Ökobilanz-Ergebnissen dargestellt.

Die Auswertung umfasst jeweils ein exemplarisches Verpackungssystem aus den hier untersuchten 5 verschiedenen Verpackungstypen (GVK, PET EW, Aluminiumgetränkendose, PET MW und Glas MW).

Die Bilanzierung von Lärmemissionen ist derzeit noch kein etabliertes Verfahren im Rahmen der rechnerischen Umweltbewertung. Wie im Abschnitt zur Bilanzierungsmethodik („Zusammenfassung der Modellierungsmethodik“) beschrieben, erfolgt in dieser Studie erstmals eine exemplarische Umsetzung. Der Indikator ist derzeit noch weit davon entfernt, als eigenständige Umweltwirkungskategorie akzeptiert zu werden und eine umfassende und aussagekräftige Bewertung der Umweltproblematik von Lärmemissionen zu ermöglichen.

Im Rahmen der Lärbetrachtung werden Lärmpotenzialflächen für die Erzeugung der in den Systemen genutzten elektrischen Energie und die LKW-Fahrten im Rahmen der Getränkendistribution bilanziert. Der bilanzierte Systemraum wird daher in dieser Wirkungskategorie nur sehr verkürzt dargestellt. Die primäre Forschungsfrage in dieser Sonderauswertung ist daher, was im Rahmen einer möglichen Lärmbewertung eine größere Rolle spielt: die Erzeugung von elektrischer Energie an dezentralen Orten nach der Umsetzung der Energieumwandlung oder die LKW-Transporte.

Für die Bilanzierung der Ergebnisse wurde auf eine Informationsgröße zurückgegriffen, die Rückschlüsse auf den Stromverbrauch in den Systemen zulässt. Die Bilanzierung der LKW-Emissionen basiert auf den im Rahmen der Datenerhebung ermittelten und dokumentierten Distributionsstrukturen und verwendet die gleichen Allokationsfaktoren wie die Berechnung der Ökobilanz. Die verwendete Bilanzgröße ist nur für die Modelle auswertbar, die ausschließlich Backgrounddaten auf Basis der Ecoinvent-Datenbank verwenden. Eine Auswertung für die Szenarien SQ-SQ ist daher nicht möglich.

Die folgenden fünf Tabellen dokumentieren die Ergebnisse in relativer Form. Bezugsgröße ist wie bei den anderen Auswertungen das Szenario SQ-30. Die Lärmelastungspotenziale werden

nach den verschiedenen Formen der Energieerzeugung (stationäre Kraftwerke, Windkraftanlagen und Solarkraftwerke) und der Distribution aufgeschlüsselt.

**Tabelle 214: Lärmbelastungspotenzialfläche: Relative Darstellung (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

Prozessschritt	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2B_SQ-30_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_30-45_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
Kraftwerk (Verbrennung, stationär)	-	0,025%	0,020%	0,002%	0,002%
Windenergie- anlagen	-	0,243%	0,199%	0,281%	0,256%
Solarkraftwerke und Photovoltaik	-	0,014%	0,012%	0,014%	0,013%
Transporte (LKW) - nur Getränke- distribution	-	99,72%	92,65%	92,65%	84,49%
<b>Summe</b>	<b>-</b>	<b>100,00%</b>	<b>92,89%</b>	<b>92,95%</b>	<b>84,76%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Tabelle 215: Lärmbelastungspotenzialfläche: Relative Darstellung (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	5B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	5B_SQ-30_1,5l-PETEW	5B_30-30_1,5l-PETEW	5B_30-45_1,5l-PETEW	5B_45-45_1,5l-PETEW
Kraftwerk (Verbrennung, stationär)	-	0,012%	0,011%	0,001%	0,001%
Windenergie- anlagen	-	0,120%	0,107%	0,133%	0,075%
Solarkraftwerke und Photovoltaik	-	0,007%	0,006%	0,007%	0,004%
Transporte (LKW) - nur Getränke- distribution	-	99,86%	91,22%	91,22%	82,26%
<b>Summe</b>	<b>-</b>	<b>100,00%</b>	<b>91,35%</b>	<b>91,36%</b>	<b>82,33%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Tabelle 216: Lärmbelastungspotenzialfläche: Relative Darstellung (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	13B_SQ-SQ_0,7l-GlasMWP	13B_SQ-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-45_0,7l-GlasMWP	13B_45-45_0,7l-GlasMWP
Kraftwerk (Verbrennung, stationär)	-	0,000%	0,001%	0,000%	0,000%
Windenergie- anlagen	-	0,003%	0,007%	0,011%	0,007%
Solarkraftwerke und Photovoltaik	-	0,000%	0,000%	0,001%	0,000%
Transporte (LKW) - nur Getränke- distribution	-	100,00%	84,38%	84,38%	74,89%
<b>Summe</b>	<b>-</b>	<b>100,00%</b>	<b>84,39%</b>	<b>84,39%</b>	<b>74,90%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Tabelle 217: Lärmbelastungspotenzialfläche: Relative Darstellung (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Prozessschritt	23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP	23B_SQ-30_1,0l-PETMWP	23B_30-30_1,0l-PETMWP	23B_30-45_1,0l-PETMWP	23B_45-45_1,0l-PETMWP
Kraftwerk (Verbrennung, stationär)	-	0,001%	0,002%	0,000%	0,000%
Windenergie- anlagen	-	0,014%	0,021%	0,027%	0,012%
Solarkraftwerke und Photovoltaik	-	0,001%	0,001%	0,001%	0,001%
Transporte (LKW) - nur Getränke- distribution	-	99,98%	94,28%	86,22%	76,70%
<b>Summe</b>	<b>-</b>	<b>100,00%</b>	<b>94,31%</b>	<b>86,25%</b>	<b>76,71%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Tabelle 218: Lärmbelastungspotenzialfläche: Relative Darstellung (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

Prozessschritt	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25B_SQ-30_1,0l-GVKEW	25B_30-30_1,0l-GVKEW	25B_30-45_1,0l-GVKEW	25B_45-45_1,0l-GVKEW
Kraftwerk (Verbrennung, stationär)	-	0,010%	0,006%	0,001%	0,000%
Windenergie- anlagen	-	0,093%	0,056%	0,070%	0,060%
Solarkraftwerke und Photovoltaik	-	0,005%	0,003%	0,003%	0,003%
Transporte (LKW) - nur Getränke- distribution	-	99,89%	90,28%	90,28%	84,66%
<b>Summe</b>	<b>-</b>	<b>100,00%</b>	<b>90,34%</b>	<b>90,35%</b>	<b>84,72%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

Die Ergebnisse sind sowohl in der Tendenz als auch in der Verteilung ähnlich.

- ▶ Aufgrund der im Rahmen der prospektiven Parametrisierung abgeleiteten Verringerung der Ausbreitungsdistanzen nehmen die Ergebnisse auch im Trend für alle Systeme ab.
- ▶ Es zeigen sich minimale Zunahmen der bilanzierten Lärmotenzialflächen der Windenergieanlagen in der Veränderung der Basisdaten von 2030 auf 2045. Dieser leichte Anstieg wird jedoch durch die Annahmen zur Energieeffizienz im Jahr 2045 kompensiert.

#### 5.4.5 Bedeutung der Umlaufhäufigkeit in den prospektiven Szenarien

Im Folgenden werden Ergebnisse dokumentiert, die der Frage nachgehen, ob der Parameter Umlaufhäufigkeit in den Zukunftsszenarien an Relevanz gewinnt oder verliert. Dazu werden die Systeme LFD 11 (1,0 l PET MW) und LFD 12 (0,75 l Glas MW) auch für die Betrachtungshorizonte 2030 und 2045 entsprechend variiert.

**Tabelle 219: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 11) - Variation der Umlaufhäufigkeit im Vergleich zum jeweiligen Basisszenario**

LFD 11: 1,0 l PET MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungs- kategorien	11V_ULZ+20 %_SQ- SQ_1,0l- PETMW	11V_ULZ- 20%_SQ- SQ_1,0l- PETMW	11V_ULZ+20 %_30- 30_1,0l- PETMW	11V_ULZ- 20%_30- 30_1,0l- PETMW	11V_ULZ+20 %_45- 45_1,0l- PETMW	11V_ULZ- 20%_45- 45_1,0l- PETMW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-)	-2%	4%	-4%	6%	-3%	5%

Wirkungs-kategorien	11V_ULZ+20 %_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_ULZ-20%_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_ULZ+20 %_30-30_1,0l-PETMW	11V_ULZ-20%_30-30_1,0l-PETMW	11V_ULZ+20 %_45-45_1,0l-PETMW	11V_ULZ-20%_45-45_1,0l-PETMW
metallisch, biotisch)						
nicht erneuerbarer kumulierter Energie-verbrauch	-3%	5%	-3%	5%	-1%	1%
Naturfernenpotenzial NFP	-1%	2%	-3%	5%	-2%	4%
Wasser-verbrauch	-2%	2%	-1%	1%	-1%	2%
Klimawandel total	-3%	5%	-4%	5%	2%	-3%
Klimawandel fossil	-3%	5%	-3%	5%	-3%	4%
Versauerung	-4%	6%	^^	5%	-3%	5%
Sommer-smog	-3%	5%	-4%	6%	-4%	6%
Stratosphärischer Ozonabbau	-11%	16%	-10%	16%	-13%	23%
aquatische Eutrophierung	-3%	4%	-3%	5%	-4%	6%
terrestrische Eutrophierung	-3%	5%	-3%	5%	-4%	6%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	-3%	5%	-5%	8%	-4%	7%
Feinstaub PM2,5	-4%	6%	-3%	5%	-3%	5%

**Tabelle 220: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 12) - Variation der Umlaufhäufigkeit im Vergleich zum jeweiligen Basisszenario**

LFD 12: 0,75 l Glas MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungs-kategorie	12V_ULZ+20 %_SQ- SQ_0,75l- GlasMW	12V_ULZ- 20%_SQ- SQ_0,75l- GlasMW	12V_ULZ+20 %_30- 30_0,75l- GlasMW	12V_ULZ- 20%_30- 30_0,75l- GlasMW	12V_ULZ+20 %_45- 45_0,75l- GlasMW	12V_ULZ- 20%_45- 45_0,75l- GlasMW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	-5%	8%	-7%	11%	-6%	9%
nicht erneuerbarer kumulierter Energie-verbrauch	-3%	4%	-4%	6%	-1%	1%
Naturfernenpotenzial NFP	-1%	1%	-3%	4%	-3%	3%
Wasser-verbrauch	0%	0%	-1%	2%	-1%	1%
Klimawandel total	-3%	5%	-4%	6%	2%	-3%
Klimawandel fossil	-3%	5%	-4%	6%	-1%	2%
Versauerung	-6%	9%	-6%	9%	-5%	8%
Sommer-smog	-5%	7%	-6%	9%	-7%	10%
Stratosphärischer Ozonabbau	-5%	7%	-2%	3%	-2%	3%
aquatische Eutrophierung	-2%	3%	-3%	5%	-2%	4%
terrestrische Eutrophierung	-5%	7%	-6%	9%	-7%	10%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	-2%	4%	-2%	3%	-1%	2%
Feinstaub PM2,5	-5%	8%	-6%	9%	-5%	8%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

In der Ergebnisdarstellung werden die Ergebnisse der Varianten als relative Differenzen zum Basisszenario angegeben. Die Ergebnisübersicht zeigt sowohl für das Glas- als auch für das PET-Mehrwegsystem, dass die Bedeutung der Umlaufhäufigkeit in den betrachteten Bezugszeiträumen SQ, 2030 und 2045 gleich bleibt.

#### 5.4.6 Bedeutung der Transportdistanzen in den prospektiven Szenarien

Im Folgenden werden Ergebnisse dokumentiert, die der Frage nachgehen, ob der Parameter Umlaufhäufigkeit in den Zukunftsszenarien an Relevanz gewinnt oder verliert. Dazu werden die Systeme LFD 11 (1,0 l PET MW) und LFD 12 (0,75 l Glas MW) auch für die Betrachtungshorizonte 2030 und 2045 entsprechend variiert.

**Tabelle 221: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 11) - Variation der Distributionsdistanz im Vergleich zum jeweiligen Basisszenario**

LFD 11: 1,0 l PET MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungs-kategorie	11V_T+25%_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_T-25%_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_T+25%_30-30_1,0l-PETMW	11V_T-25%_30-30_1,0l-PETMW	11V_T+25%_45-45_1,0l-PETMW	11V_T-25%_45-45_1,0l-PETMW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	1%	-1%	0%	0%	1%	-1%
nicht erneuerbarer kumulierter Energie-verbrauch	2%	-2%	3%	-3%	1%	-1%
Naturfernenpotenzial NFP	2%	-2%	0%	0%	0%	0%
Wasser-verbrauch	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Klimawandel total	2%	-2%	3%	-3%	-2%	2%
Klimawandel fossil	2%	-2%	3%	-3%	3%	-3%
Versauerung	3%	-3%	2%	-2%	1%	-1%
Sommer-smog	3%	-3%	2%	-2%	1%	-1%
Stratosphärischer Ozonabbau	2%	-2%	3%	-3%	1%	-1%

Wirkungs-kategorie	11V_T+25%_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_T-25%_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11V_T+25%_30-30_1,0l-PETMW	11V_T-25%_30-30_1,0l-PETMW	11V_T+25%_45-45_1,0l-PETMW	11V_T-25%_45-45_1,0l-PETMW
aquatische Eutrophierung	0%	0%	0%	0%	0%	0%
terrestrische Eutrophierung	3%	-3%	3%	-3%	2%	-2%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	3%	-3%	1%	-1%	1%	-1%
Feinstaub PM2,5	3%	-3%	2%	-2%	1%	-1%

**Tabelle 222: Relative Darstellung der Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 12) - Variation der Distributionsdistanz im Vergleich zum jeweiligen Basisszenario**

LFD 12: 0,75 l Glas MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungs-kategorie	12V_T+25%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12V_T-25%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12V_T+25%_30-30_0,75l-GlasMW	12V_T-25%_30-30_0,75l-GlasMW	12V_T+25%_45-45_0,75l-GlasMW	12V_T-25%_45-45_0,75l-GlasMW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	3%	-3%	0%	0%	1%	-1%
nicht erneuerbarer kumulierter Energie-verbrauch	4%	-4%	6%	-6%	1%	-1%
Naturfernenpotenzial NFP	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Wasser-verbrauch	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Klimawandel total	5%	-5%	7%	-7%	3%	-3%
Klimawandel fossil	5%	-5%	6%	-6%	2%	-2%
Versauerung	4%	-4%	3%	-3%	1%	-1%
Sommer-smog	5%	-5%	2%	-2%	1%	-1%

Wirkungskategorie	12V_T+25%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12V_T-25%_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12V_T+25%-30-30_0,75l-GlasMW	12V_T-25%-30-30_0,75l-GlasMW	12V_T+25%-45-45_0,75l-GlasMW	12V_T-25%-45-45_0,75l-GlasMW
Stratosphärischer Ozonabbau	7%	-7%	8%	-8%	3%	-3%
aquatische Eutrophierung	0%	0%	0%	0%	0%	0%
terrestrische Eutrophierung	5%	-5%	3%	-3%	1%	-1%
Krebsrisikopotenzial (CRP)	8%	-8%	1%	-1%	1%	-1%
Feinstaub PM2,5	4%	-4%	3%	-3%	1%	-1%

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

In der Ergebnisdarstellung werden die Ergebnisse der Varianten als relative Differenzen zum Basisszenario angegeben. Die Ergebnisübersicht zeigt sowohl für das Glas- als auch für das PET-Mehrwegsystem, dass die Bedeutung der Distributionsdistanz in den betrachteten Bezugszeiträumen SQ, 2030 und 2045 leicht abnimmt.

#### 5.4.7 Bedeutung der Berücksichtigung des Füllgutes in der Bilanzierung

An dieser Stelle soll ein Exkurs umgesetzt werden, der die Ergebnisrelevanz der Allokationsentscheidung in der Distribution untersucht. Dafür werden exemplarisch Werte generiert, in denen die Distribution des Füllgutes berücksichtigt ist. Die Analyse umfasst neben dem Status quo auch die prospektiven Szenarien.

Die folgenden fünf Tabellen dokumentieren die Ergebnisse in relativer Form. Bezugsgröße ist wie bei den anderen Auswertungen das Szenario SQ-30. Die Ergebnisse werden nach Distribution Verpackung, Distribution Füllgut und andere Lebenswegabschnitte aufgeschlüsselt. Ausgewertet wird nur die Umweltwirkungskategorie Klimawandel (fossil). Der beschriebene Effekt ist grundsätzlich für alle Wirkungskategorien identisch.

**Tabelle 223: Klimawandel (GWP fossil) inklusive Füllgut: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 02)**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

Prozessschritt	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2B_SQ-30_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_30-45_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
übrige Lebenswegabschnitte	149%	88,2%	74,8%	6,62%	6,12%
Distribution Verpackung	1,36%	1,06%	0,98%	0%	0%

Prozessschritt	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2B_SQ-30_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_30-45_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
Distribution Füllgut	13,5%	10,7%	10,2%	0,19%	0,18%
<b>Summe</b>	<b>164%</b>	<b>100%</b>	<b>86%</b>	<b>7%</b>	<b>6%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Tabelle 224: Klimawandel inklusive Füllgut: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 05)**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	5B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	5B_SQ-30_1,5l-PETEW	5B_30-30_1,5l-PETEW	5B_30-45_1,5l-PETEW	5B_45-45_1,5l-PETEW
übrige Lebenswegabschnitte	113%	81%	56%	2%	1%
Distribution Verpackung	1%	1%	1%	0%	0%
Distribution Füllgut	23%	18%	17%	0%	0%
<b>Summe</b>	<b>138%</b>	<b>100%</b>	<b>75%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Tabelle 225: Klimawandel inklusive Füllgut: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 13)**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	13B_SQ-SQ_0,7l-GlasMWP	13B_SQ-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-45_0,7l-GlasMWP	13B_45-45_0,7l-GlasMWP
übrige Lebenswegabschnitte	110%	63%	34%	4%	3%
Distribution Verpackung	27%	20%	17%	0%	0%
Distribution Füllgut	22%	17%	15%	0%	0%
<b>Summe</b>	<b>159%</b>	<b>100%</b>	<b>67%</b>	<b>5%</b>	<b>4%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Tabelle 226: Klimawandel inklusive Füllgut: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 23)**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Prozessschritt	23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP	23B_SQ-30_1,0l-PETMWP	23B_30-30_1,0l-PETMWP	23B_30-45_1,0l-PETMWP	23B_45-45_1,0l-PETMWP
übrige Lebensweg-abschnitte	83%	55%	34%	1%	1%
Distribution Verpackung	9%	7%	6%	0%	0%
Distribution Füllgut	48%	37%	35%	1%	1%
<b>Summe</b>	<b>140%</b>	<b>100%</b>	<b>74%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

**Tabelle 227: Klimawandel inklusive Füllgut: Relative Darstellung der sektoralen Ergebnisse (LFD 25)**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

Prozessschritt	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25B_SQ-30_1,0l-GVKEW	25B_30-30_1,0l-GVKEW	25B_30-45_1,0l-GVKEW	25B_45-45_1,0l-GVKEW
übrige Lebensweg-abschnitte	124%	71%	49%	6%	6%
Distribution Verpackung	3%	2%	2%	0%	0%
Distribution Füllgut	32%	27%	24%	0%	0%
<b>Summe</b>	<b>158%</b>	<b>100%</b>	<b>76%</b>	<b>7%</b>	<b>6%</b>

Quelle: Eigene Darstellung (ifeu)

Die Zusammenschau der Ergebnisse zeigt folgendes:

- ▶ Die Distribution des Getränks generiert im Status quo und auch noch im Jahr 2030 für alle untersuchten Getränkeverpackungssysteme signifikante Beiträge.
- ▶ Der Beitrag der Distribution von Verpackungen und Getränken wird im Wesentlichen durch die Distributionskilometer bestimmt. Die Aufteilung der Emissionen zwischen Verpackung und Füllgut zeigt den Einfluss der Verpackungsgewichte auf den Allokationsfaktor.
- ▶ Die Defossilisierung und Dekarbonisierung des Verkehrs im Jahr 2045 führt dazu, dass auch keine Beiträge mehr für die Distribution des Getränks angerechnet werden.
- ▶ Ob die Berücksichtigung des Füllguts in vergleichenden Ökobilanzen einen zusätzlichen Erkenntnisgewinn bringt, kann an dieser Stelle nicht abschließend geklärt werden, da

entsprechend der Zielsetzung und Aufgabenstellung der Studie keine Vergleiche über die Grenzen der definierten Verpackungssysteme hinweg durchgeführt werden.

#### 5.4.8 Übergreifendes Zwischenfazit der ergänzenden Auswertungen

Im Rahmen der ergänzenden Auswertung wurden weitere Informationen geliefert, die geeignet sind, die Ergebnisfindung der Ökobilanz zu unterstützen und die sachgerechte Bewertung im Abschnitt 6 „Auswertung“ vorzubereiten.

Zu diesem Zweck wurde eine ergänzende sektorale Auswertung der Umweltwirkungskategorien **Naturfernepotenzial, aquatische Eutrophierung und Versauerung** durchgeführt. Diese drei Kategorien zeigen bei der Beschreibung der Ökobilanzergebnisse, die im Abschnitt 5.3 „Ergebnisse der Wirkungsabschätzung“ dokumentiert wurden, für viele Getränkeverpackungssysteme einen gegenläufigen Trend bzw. deutlich geringere Reduktionen als die anderen Umweltwirkungskategorien.

- ▶ Die Umweltwirkungskategorie Naturfernepotenzial wird beeinflusst durch den Einsatz von Primärfasern in den Getränkeverpackungssystemen und die Flächeninanspruchnahme von Windenergieanlagen zur Stromerzeugung für die direkte Nutzung im Strommix und als Ausgangsstoff für PtX-basierte Chemikalien (Kunststoffe und Lösemittel).
- ▶ Die Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung wird durch Abwässer aus Recyclingprozessen beeinflusst.
- ▶ Die Wirkungskategorie Versauerung wird bis 2045 weiterhin durch Verbrennungsprozesse und die dabei emittierten Stickstoffverbindungen beeinflusst.

Grundsätzlich ist für eine sachgerechte Interpretation dieser Ergebnisse das hinter der Umweltwirkungskategorie Naturfernepotenzial stehende Bewertungsmodell kritisch zu hinterfragen. Ebenso ist die Datensymmetrie zwischen den Prozessmodulen des Papier- und Kunststoffrecyclings und den Prozessmodulen der Neuproduktion zu reflektieren.

Ergänzend wurde eine Bewertung der potenziellen **Emissionen von Kunststoffen in die Umwelt** auf der Ebene der Sachbilanz vorgenommen. Es besteht eine grundsätzliche Abhängigkeit zwischen Kunststoffeinsatz und Transportentfernung und den Bilanzergebnissen.

Eine Reduktion des Kunststoffeinsatzes durch Gewichtsreduktion, Erhöhung der Sammel- und Verwertungseffizienz und Reduktion der Transportwege verbessert die Bewertung. Eine Hochrechnung der Tonnage im Sinne von Tonnen Kunststoff, die pro Jahr durch den Vertrieb von verpackten Getränken in die Umwelt gelangen, ist aufgrund der Unsicherheiten des Modells nicht valide ableitbar, so dass die Anwendung des Modells keine neuen zusätzlichen Erkenntnisse liefert.

Neben dem Eintrag von Kunststoff in die Umwelt werden in dieser Studie erstmalig auch **Lärmemissionen** bilanziert. Das verwendete Modell wurde in dieser Studie zum ersten Mal für eine Produktbewertung eingesetzt. Da die verwendeten Sachbilanzdaten die für die Bilanzierung notwendigen Informationen nicht automatisch zur Verfügung stellen, musste der Bilanzraum reduziert werden. So werden z.B. neben der Distribution der Getränkeverpackungen keine weiteren Transporte berücksichtigt.

Insofern kann festgehalten werden, dass die Lärmwirkungen von Getränkeverpackungssystemen maßgeblich durch den Warentransport bestimmt werden und eine fortschreitende Dekarbonisierung und Defossilisierung dieses Ergebnis nicht verändert.

Zusammenfassend lässt sich zu den beiden neuen Aspekten der Ökobilanz (Kunststoff in der Umwelt und Lärm) sagen, dass sie wichtige Aspekte der Diskussion aufgreifen und daher weiterentwickelt werden sollten.

Im Sinne einer erweiterten Sensitivitätsanalyse wurden im Rahmen des Abschnitts „Ergänzende Auswertung“ auch die folgenden Fragestellungen untersucht:

- ▶ Welche Relevanz hat die Umlaufzahl in den Jahren 2030 und 2045?  
Die exemplarischen Analysen zeigen, dass die Ergebnisrelevanz der Umlaufhäufigkeit gleich bleibt. Allerdings ist zu beachten, dass in den meisten Umweltwirkungskategorien die Beiträge bis 2045 deutlich abnehmen. Das numerische Minderungspotenzial wird somit geringer.
- ▶ Welche Relevanz hat die Distributionsentfernung in den Jahren 2030 und 2045?  
Die exemplarischen Analysen zeigen, dass die Ergebnisrelevanz der Distributionsentfernung tendenziell abnimmt. Dies gilt insbesondere für die Wirkungskategorien, die von der Dekarbonisierung und Defossilisierung direkt (Klimawandel und KEA fossil) oder indirekt (Wirkungskategorien die primär durch luftgetragene Schadstoffe bestimmt werden) profitieren.
- ▶ Welche Relevanz hat die Allokationsentscheidung in der Distribution auf die Ergebnisse in den Jahren 2030 und 2045?

Die Berücksichtigung des Füllguts in der Distribution erhöht die Ergebnisse für alle untersuchten Getränkeverpackungssysteme. Das Ausmaß der Erhöhung wird durch den Allokationsfaktor bestimmt. Im Rahmen der hier durchgeführten Studie, die nicht den Vergleich verschiedener Getränkeverpackungssysteme analysiert, können die Ergebnisse nur einen eingeschränkten Informationsgewinn generieren.

Die Ergebnisse der ergänzenden Auswertung liefern an vielen Stellen Hinweise und Erkenntnisse, die eine sachgerechte Auswertung der Ergebnisse der Ökobilanz unterstützen können. Dies betrifft insbesondere die Analyse und Bewertung von möglichen **Verlagerungseffekten der Umweltwirkungen** durch ein Fortschreiten der Energie- und Rohstoffwende.

- ▶ Die Ergebnisse der Ökobilanz zeigen, dass die Reduktion der Beiträge in den Umweltwirkungskategorien Klimawandel, KEA fossil und den luftschadstoffbedingten Wirkungskategorien nicht im gleichen Maße in den Wirkungskategorien aquatische Eutrophierung, Wasserverbrauch, KRA und NFP stattfindet. Je nach untersuchten Getränkeverpackungssystem sind die Ergebnisse für KRA und NFP sogar gegenläufig.
- ▶ Die ergänzende Auswertung erarbeitet hier Erkenntnisse, dass dieser Befund maßgeblich durch die Verwendung von biobasierten Fasern und Sekundärmaterialien sowie die Nutzung von PtX basierten Rohstoffen bedingt wird.
- ▶ Die Ergebnisse geben somit eine Indikation, dass die Umwelteffekte aus der Atmosphäre in die Flächennutzung migrieren und somit in der Zukunft massive Flächen- und Flächennutzungskonkurrenzen (bspw. auch durch Lärm) auslösen können.
- ▶ Die im Rahmen der Analyse verwendeten Modelle sind derzeit methodisch nicht so ausgereift wie die Modelle zur Bewertung der luftgetragenen Schadstoffe und der Nutzung fossiler Ressourcen. Daher können die hier errechneten Werte grundsätzlich nur als

Indikation verstanden werden, die einer vertieften Auswertung bedürfen und sicherlich auch eines erweiterten Forschungsbedarfs begründen.

## 6 Auswertung

In der Auswertungsphase erfolgt die übergreifende Auswertung der Ergebnisse der vorherigen Arbeitsphasen, das heißt, von Sachbilanz und Wirkungsabschätzung unter Berücksichtigung der Rahmensexzenze von Ziel und Untersuchungsrahmen, mit dem Ziel, ein möglichst umfassendes Bild zu erzeugen, das über die in der Ökobilanz quantitativ berücksichtigten Wirkungskategorien hinaus geht. Hierfür erfolgen eine zusammenfassende relative Darstellung und Auswertung, welche Umweltwirkungen durch Getränkeverpackungen unter den jeweils vorherrschenden Rahmenbedingungen und Szenarien verursacht werden. Dabei werden auch Trends beschrieben, die für alle untersuchten Getränkeverpackungen gleichermaßen gelten.

Im Kern der Auswertung steht jeweils die zentrale Fragestellung, die die Studie beantworten soll:

- ▶ Wie können sich die Umweltwirkungen verschiedener Getränkeverpackungssysteme zukünftig darstellen
  - unter Veränderungen der Rahmenbedingungen und
  - bei Ausschöpfen möglicher Optimierungspotenziale der Verpackungssysteme?

Dabei erfolgt die Auswertung (vgl. Ausführungen in Kapitel 3) gemäß den Mindestanforderungen verbal-argumentativ und orientiert sich an den in DIN EN ISO 14040 genannten Elementen:

- ▶ Identifikation signifikanter Parameter auf der Grundlage von Sachbilanz und Wirkungsabschätzung: Wesentlich für die Ableitung von Empfehlungen und Schlussfolgerungen ist die Identifikation der signifikanten Parameter.
- ▶ Beurteilung der Ergebnisse unter Berücksichtigung von Vollständigkeits-, Sensitivitäts- und Konsistenzprüfungen: Unsichere Eingangsdaten sind im Rahmen von Sensitivitätsanalysen hinsichtlich ihrer Ergebnisrelevanz zu prüfen. Das Ergebnis der Prüfung ist dann bei der Ableitung der Schlussfolgerungen und Empfehlungen zu beachten.
- ▶ Schlussfolgerungen, Einschränkungen und Empfehlungen: Aufbauend auf den Ergebnissen des Arbeitspakets 4 wird die Auswertung der quantitativen Ergebnisse ergänzt und weitergehend interpretiert. Das Augenmerk dieses weiterführenden Schrittes liegt auf den über quantifizierbare Umweltwirkungen hinausgehenden Effekten. Hierbei sollen möglichst handlungsanleitende konkrete Schlussfolgerungen (Handlungsempfehlungen) abgeleitet werden.

Bezüglich der genannten Punkte sind auch die Ausführungen von Kapitel 5, insbesondere Abschnitt 5.3.29 zu beachten.

Die Struktur dieses Kapitels erfolgt entsprechend der durchgeföhrten Handlungsschritte. Zunächst wird in Kapitel 6.1 die Herangehensweise beschrieben, mittels welcher die Auswertung der umfassenden Ergebnisse der Studie erfolgt. Anschließend werden in Kapitel 6.2 die Aspekte thematisiert, welche zu Erkenntnissen führen, die übergreifend für alle oder eine Vielzahl der untersuchten Verpackungssysteme gültig sind. Die spezifischen Erkenntnisse für einzelne Verpackungssysteme sind anschließend Teil von Kapitel 6.3. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen erfolgen in Kapitel 6.4 die komprimierte Darstellung von Schlussfolgerungen und

die Verknüpfung mit Handlungsempfehlungen für die verschiedenen Akteursgruppen. Kapitel 0 schließt mit einer Zusammenfassung der Erkenntnisse aus der durchgeführten Studie ab.

## 6.1 Auswertestrategie

In diesem Kapitel wird die methodische Herangehensweise der Auswertung dargestellt. Diese teilt sich in Aspekte der Ergebnisverdichtung und der Identifizierung von Handlungsempfehlungen auf.

### 6.1.1 Strategie der Ergebnisverdichtung

Die Ergebnisse der Ökobilanzierung haben gezeigt, dass es möglich ist, die Verpackungssysteme als materialbasierte Gruppen gesammelt auszuwerten. Die Klassifizierung erfolgt gemäß den in Kapitel 4 eingeführten Definitionen. In der weitergehenden Auswertung werden die 28 Verpackungssysteme demnach wie folgt den fünf getränkesegmentübergreifenden Verpackungsgruppen („Verpackungsgruppen“) zugeordnet, da innerhalb dieser Gruppen nur geringe Unterschiede auftreten und die Gemeinsamkeiten deutlich überwiegen.

- ▶ Getränkedosen aus Aluminium (LFDs 02, 09 und 10)
- ▶ PET-Einwegflaschen (LFDs 01, 05, 06, 07, 08, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26 und 27)
- ▶ Glas-Mehrwegflaschen (LFDs 03, 04, 12, 13, 14, 15, 24 und 28)
- ▶ PET-Mehrwegflaschen (LFDs 11 und 23)
- ▶ Getränkeverbundkartons (LFDs 16 und 25)

Um die Optimierungspotenziale der verschiedenen Verpackungsgruppen und Umweltwirkungskategorien zu ermitteln, wurden die einzelnen Zeitschritte miteinander verglichen. Die Szenarien, bei denen Verpackungsspezifikationen und Rahmenbedingungen dem gleichen Zeitschritt entsprechen, werden als symmetrisch bezeichnet. Im Rahmen der Auswertung werden die folgenden modellierten Zeitschritte und Szenarien einbezogen:

- ▶ SQ-30: Verpackungsspezifikationen (intern) im Status quo unter den Rahmenbedingungen (extern) von 2030 (Bezugsszenario)
- ▶ 30-30: Verpackungsspezifikationen und Rahmenbedingungen für 2030
- ▶ 30-45: Verpackungsspezifikationen für 2030 unter den Rahmenbedingungen von 2045
- ▶ 45-45: Verpackungsspezifikationen und Rahmenbedingungen für 2045

Die Ergebnisse des symmetrischen Status quo Szenarios (SQ-SQ) können nicht als Referenz für die Identifikation von Optimierungsmöglichkeiten verwendet werden, da sie, wie in Kapitel 5 erläutert wurde, nicht auf derselben Datengrundlage basieren und primär einen notwendigen Zwischenschritt für die Berechnung der vier genannten Basisszenarien darstellen.

Die Zuordnung der Optimierungspotenziale erfolgt zunächst in den Kategorien „intern“ und „extern“. Diese werden anschließend weitergehend differenziert und die Einflussmöglichkeiten der verschiedenen Akteursgruppen dargestellt.

#### Interne und externe Optimierungsmöglichkeiten

Interne Optimierungen = Veränderungen, die das Produkt (= die Verpackung) selbst betreffen.  
Zum Beispiel:

- ▶ Gewichtsreduktion einzelner Bestandteile (Flasche, Deckel, Transportverpackung)
- ▶ Erhöhung von Recyclinganteilen
- ▶ Prozessoptimierung, wie die Umstellung der Reinigung der Mehrwegflaschen von fossilen Energieträgern auf Strom aus erneuerbaren Quellen
- ▶ Erhöhung der Umlaufzahlen bei Mehrwegverpackungen

Externe Optimierungen = Veränderungen der äußeren Rahmenbedingungen, in denen das Produkt (=die Verpackung) sich bewegt bzw. hergestellt wird. Zum Beispiel:

- ▶ Umstellung der Stromversorgung auf erneuerbare Energiequellen
- ▶ Verkehrswende von dieselmotorisierten LKW auf CO<sub>2</sub>-emissionsfreien Antrieb (H<sub>2</sub>, Strom)
- ▶ Verwendung von PtX-Technologien in der Kunststoffproduktion

In der Auswertung verpackungsspezifischer Entwicklungen wird die Ergebnisverdichtung in tabellarischer Form für jede Verpackungsgruppe einzeln dargestellt. Die Abbildung zeigt sowohl die Entwicklungen im Umweltprofil der Verpackungsgruppen für die symmetrischen Szenarien als auch die Differenzierung nach internen und externen Optimierungspotenzialen. Beispielhaft wird dies in Abbildung 134 (S. 608) illustriert.

Die Entwicklungen der verschiedenen Umweltauswirkungen für die Verpackungsgruppen werden anhand einer siebenstufigen Skalierung und Farbgebung dargestellt. Die Skalierungen wurden so ausgewählt, dass zunächst Fixpunkte festgelegt und nachfolgend die Zwischenbereiche gleichmäßig aufgeteilt wurden. Die Fixpunkte für die Darstellung der relativen Ergebnisse aus AP 4 sind mit einem Abweichungsspielraum von 3% in beide Richtungen festgelegt worden. Die Setzung der Abweichungen auf 3 % für die grafische Auswertung der Ergebnisse erfolgt, da insbesondere die Optimierungen der Kategorie Klimawandel und KEA fossil in einem hohen Detailgrad von Interesse sind. Es ist somit nicht ausreichend mit Abweichungen von 10 % in Anlehnung an die übliche Signifikanzschwelle zu arbeiten. Abgesehen von dem symmetrischen Status quo-Szenario, welches daher nicht in die Betrachtung der prospektiven Entwicklung eingeht, basieren innerhalb des jeweiligen Systems alle Szenarien auf demselben Modell, dessen Eingangsdaten entsprechend den Veränderungen in Rahmenbedingungen und Produktspezifikationen geändert werden. Daher ist davon auszugehen, dass die relativen Ergebnisse die Veränderungen der Eingangsparameter im Vergleich zu gängigen Modellvergleichen überdurchschnittlich akkurat abbilden. Da es sich explizit nicht um vergleichende Untersuchungen zwischen verschiedenen Verpackungssystemen handelt, ist das Risiko von fehlerhaften Aussagen aufgrund dieser Setzung gering. Der Mehrwert ist jedoch eine bessere Differenzierung und Aussagekraft mit Blicke auf die Beantwortung der Forschungsfrage.

### **6.1.2 Ergebnisverdichtung - Identifizierung und Differenzierung von Optimierungspotenzialen**

Die Darstellung der zeitlichen Entwicklung symmetrischer Szenarien erfolgt anhand der relativen Ergebniswerte aus der Wirkungsabschätzung in Kapitel 5. Für die Differenzierung interner und externer Optimierungspotenziale werden die Ergebnisse aus Kapitel 5 weiterverarbeitet. Ein **internes Optimierungspotenzial** wird anhand der Veränderung (Differenz) der Werte von SQ-30 zu 30-30 für 2030, beziehungsweise der Veränderung der Werte von 30-45 zu 45-45 für das Jahr 2045 berechnet. Das **externe Optimierungspotenzial**

kann nur für das Jahr 2045 bestimmt werden und ergibt sich aus der Veränderung zwischen den Szenarien 30-45 und 30-30.

### Skalen für die Entwicklungen des Umweltprofils und differenzierter Optimierungspotenziale

Für die Ergebnisse der zeitlichen Gesamtentwicklung in symmetrischen Szenarien und die Differenzierung interner und externer Optimierungspotenziale werden zwei unterschiedliche Skalen benötigt.

- ▶ Zeitliche Gesamtentwicklung symmetrischer Szenarien: Erfolgt anhand der in Kapitel 5 dargestellten relativen Ergebnistabellen. Die Ergebnisse relativ zum SQ-30 Szenario lassen sich wie folgt lesen: Ein Ergebnis über 100 % zeigt eine Steigerung der Umweltwirkungspotenziale und ein Ergebnis unter 100 % eine Reduktion der Umweltwirkungspotenziale. Ein Ergebnis von 0 % bedeutet, dass die potenziellen Umweltauswirkungen in dieser Kategorie für das Szenario vollständig eliminiert wurden.
- ▶ Differenzierte Optimierungspotenziale: Ergibt sich durch Differenzbildung der Szenarienergebnisse aus Kapitel 5. Die Aufteilung der Skalenbereiche ist in Abbildung 133 dargestellt. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt lesen: Ein Ergebnis über 0 % (positive Zahlen) zeigt eine Steigerung der jeweiligen Umweltwirkung und somit eine Verschlechterung. Ein Ergebnis unter 0 % (negative Zahlen) zeigt an, wie stark die Umweltwirkungen dieser Kategorie reduziert werden können. Ein Ergebnis von 0 % bedeutet, dass die Umweltwirkungen der jeweiligen Kategorie sich nicht verändert haben, durch die zugrundeliegenden Veränderungen des Szenarios also weder eine Verschlechterung eintritt, noch eine Optimierung erreicht werden kann.

Anhand dieser Methodik erfolgt die Auswertung der Wirkungsabschätzung in Kapitel 5 gemäßt über die fünf Verpackungsgruppen. Die ergänzenden Auswertungen, die im Rahmen von Kapitel 5 für die Aspekte Kunststoffeintrag in die Umwelt und Lärmemissionen durchgeführt wurden (siehe Kapitel 5.4), sind zusätzlich in der grafischen Auswertung der Wirkungsabschätzung integriert.

### Integration von Lärmemissionen und Kunststoffeinträgen in die Betrachtung

Die Berechnungen zu den beiden Kategorien Lärmemissionen und Kunststoffeintrag in die Umwelt (Kunststoffeintrag) sind ergänzende Berechnungen zu der Wirkungsabschätzung in Kapitel 5. Die Verfahren, mit denen diese Kategorien bestimmt wurden, sind wie in Kapitel 3 beschrieben, erste Bemühungen diese Aspekte in Ökobilanzierungen von Getränkeverpackungen zu integrieren, was bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen ist.

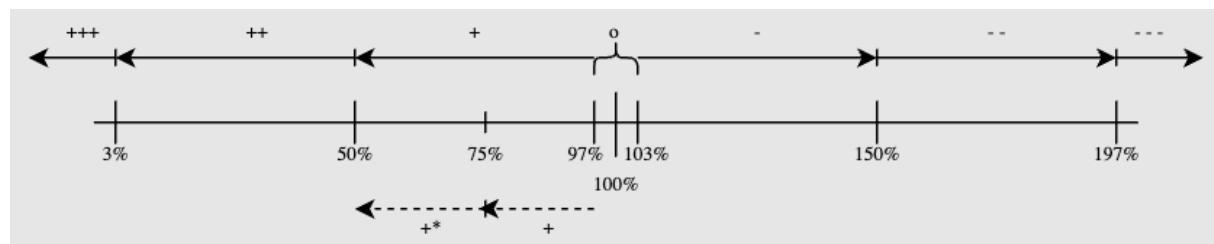
Um eine umfassende Übersicht der Ergebnisse des Forschungsvorhabens zu erstellen, wurden diese dennoch in die grafische Auswertung der Ergebnisse implementiert. Dafür wurden folgende Anpassungen der Ergebnisdarstellung vorgenommen:

- ▶ Die Kategorie Kunststoffeintrag wurde ausschließlich für die symmetrischen Szenarien (SQ-SQ, 30-30 und 45-45) bestimmt, da in dieser Bewertung die Hintergrundsysteme keine Rolle spielen. Es erfolgte eine Aufteilung nach Makro- und Mikrokunststoffemissionen.
- ▶ Das Bezugsszenario für den Kunststoffeintrag wird für die Auswertung auf das Szenario SQ-SQ gesetzt. Die prozentualen Veränderungen basieren hier also auf der Festlegung von 100 % in SQ-SQ.

- ▶ Die Ergebnisse der Mikro-Kunststoffemissionen aus Reifenabrieb und Produktionsprozessen gehen für ein Gesamtbild der jeweiligen Verpackungsgruppe in Summe betrachtet in die Übersicht ein.
- ▶ Die Lärmemissionen, welche für die Emissionsquellen Kraftwerk (Verbrennung), Windenergieanlagen, Solaranlagen und Photovoltaik sowie Distributionstransporte differenziert angegeben werden, werden für die tabellarische Übersicht aufsummiert betrachtet.
- ▶ Da die relativen Ergebnisse beider Kategorien einen kleineren Bereich überspannen als die der anderen Wirkungskategorien, wird für Lärmemissionen und Kunststoffeintrag ein Zwischenschritt (+\*) in die Skalierung eingebaut. Dieser ermöglicht eine bessere Differenzierung in den Optimierungsmöglichkeiten bezüglich dieser Kategorien.

Die folgenden Abbildungen zeigen die gewählten Skalierungen für die grafische Auswertung inklusive des Zwischenschrittes für die ergänzenden Kategorien Kunststoffeintrag und Lärmemissionen.

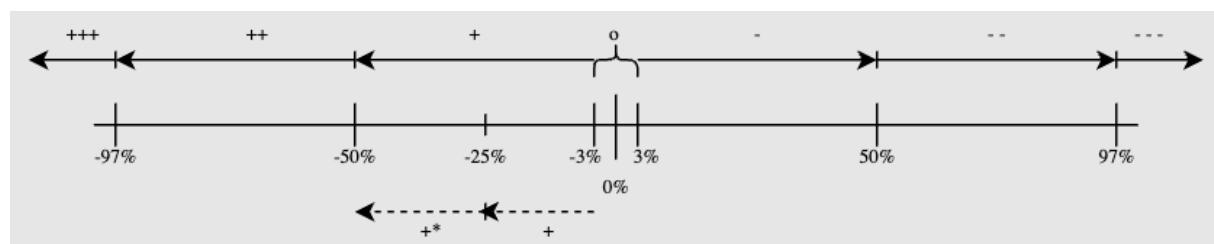
**Abbildung 132: Veranschaulichung der Skala für die Gesamtentwicklung symmetrischer Szenarien**



In welchem Skalenbereich die bezifferten Punkte jeweils enthalten sind, wird durch das vertikale Pfeilende gekennzeichnet. Sowohl 97 % als auch 103 % sind im Bereich „o“ enthalten. Die schraffierten Pfeile beschreiben den Zwischenschritt für die Kategorien Kunststoffeintrag und Lärmemissionen.

Quelle: Eigene Darstellung, WI.

**Abbildung 133: Veranschaulichung der Skala für differenzierte Optimierungspotenziale**



In welchem Skalenbereich die bezifferten Punkte jeweils enthalten sind, wird durch das vertikale Pfeilende gekennzeichnet. Sowohl -3 % als auch 3 % sind im Bereich „o“ enthalten. Die schraffierten Pfeile beschreiben den Zwischenschritt für die Kategorien Kunststoffeintrag und Lärmemissionen.

Quelle: Eigene Darstellung, WI.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens ist es nicht das Ziel, Gebinde miteinander zu vergleichen, sondern zu identifizieren, wie groß das zukünftig aktivierbare Optimierungspotenzial der untersuchten Getränkeverpackungssysteme ist, wo Unterschiede bestehen und wie diese erklärt werden können. Die grafische Ergebnisdarstellung dient daher insbesondere der Verdichtung und übersichtlichen Darstellung der umfangreichen Ergebnisse aus Kapitel 5 und wird für die symmetrischen Szenarien dargestellt. Mithilfe der grafischen Auswertung lassen sich insbesondere auch Hinweise auf die Entwicklungen in der jeweiligen Verpackungsgruppe

ableiten. Diese werden im weiteren Verfahren interpretiert und dienen als Basis für die Identifikation von Stellschrauben und Handlungsfeldern. Anhand der beispielhaften grafischen Auswertung in der folgenden Abbildung wird die Umsetzung der beschriebenen Methodik veranschaulicht.

**Abbildung 134: Beispiel für die grafische Auswertung der Ökobilanzergebnisse**

Verpackungsgruppe	prospektive Gesamtentwicklung		Optimierungspotenziale	
	2030	2045	2030	2045
	interne	externe	interne	externe
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	+	+	+	+
				+
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	+	+++	+	o
Naturfernepotenzial NFP	+	-	+	+
				-
Wasserverbrauch	+	-	+	+
				-
Klimawandel total	+	+++	+	o
				++
Klimawandel fossil	+	++	+	o
				++
Versauerung	+	+	+	+
				+
Sommersmog	+	+	+	+
				+
Stratosphärischer Ozonabbau	+	+	+	+
				+
aquatische Eutrophierung	+	---	+	+
				---
terrestrische Eutrophierung	+	+	+	+
				+
Krebsrisikopotenzial (CRP)	+	+	+	+
				o
Feinstaub PM2,5	+	++	+	+
				+
Kunststoffeintrag in die Umwelt	+	+	Mikro	+
			Makro	+
Lärmmissionen	+	+	interne	+
			externe	o

Quelle: Eigene Darstellung, WI.

Die verbal argumentative Verknüpfung zur Tabelle ist wie folgt vorgesehen:

**Tabelle 228: verbal argumentative Bedeutung der grafischen Auswertung**

<b>Zeichen</b>	<b>Bedeutung bezüglich der Gesamtentwicklung</b>	<b>Bedeutung bezüglich der Optimierungspotenziale</b>
+++	maximale Reduktion = Werte unter 3%	maximale Optimierung = Werte kleiner als -97%
++	deutliche Reduktion = Werte zwischen 3% und 50%	deutliche Optimierung = Werte zwischen -97% und -50%
+*	Lärmemission und Kunststoffeintrag: Werte zwischen 75 und 97%	Lärmemissionen und Kunststoffeintrag: Werte zwischen -25% bis -50%
+	geringe Reduktion = Werte zwischen 50% und 97% Lärmemissionen und Kunststoffeintrag: Werte zwischen 50% und 75%	geringe Optimierung = Werte zwischen -50% und -3% Lärmemissionen und Kunststoffeintrag: Werte zwischen -3% bis -25%
o	keine Veränderung = Werte zwischen 97% und 103%	keine Veränderung = Werte zwischen -3% und 3%
-	geringe Zunahme = Werte zwischen 103% und 150%	geringe Verschlechterung = Werte zwischen 3% und 50%
--	deutliche Zunahme = Werte zwischen 150% und 197%	deutliche Verschlechterung = Werte zwischen 50% und 97%
---	sehr deutliche Zunahme = Werte über 197%	sehr deutliche Verschlechterung = Werte über 97%

Anhand dieser Informationen lassen sich anschließend Schlussfolgerungen ziehen. Diese können beispielsweise wie folgt umgesetzt werden:

- ▶ Das (fossile) Treibhausgaspotenzial – beschrieben durch die Kategorie Klimawandel fossil – der Verpackungsgruppe wird durch interne Produktanpassungen im Szenario 2030 gering optimiert und erfährt anschließend eine deutliche Optimierung durch die Anpassungen der Rahmenbedingungen im Szenario 2045. In der Gesamtentwicklung wird dieses Potenzial unter den Annahmen für 2030 also gering und für 2045 deutlich reduziert.
- ▶ Die potenziellen Umweltwirkungen im Bereich der aquatischen Eutrophierung dieser Verpackungsgruppe zeigen unter den Annahmen für 2045 eine sehr deutliche Zunahme. Die differenzierte Auswertung der Optimierungspotenziale zeigt, dass die sehr deutliche Verschlechterung in dieser Kategorie durch Veränderungen der externen Rahmenbedingungen für 2045 verursacht wird.

Die Konkretisierung der Einflussfaktoren auf die Umweltprofile der einzelnen Verpackungsgruppen wird ergänzend in Kapitel 6.3 durchgeführt. Anschließend werden die gesammelten Einflussfaktoren durch Erkenntnisse aus der Sachbilanz (Kapitel 4, 5.3) ergänzt und mit den Handlungsfeldern der verschiedenen Akteur\*innen verknüpft (siehe Kapitel 6.4).

### 6.1.3 Strategie zur Ableitung der Handlungsempfehlungen

Für die Ableitung der Handlungsempfehlungen werden für jede Verpackungsgruppe die wesentlichen variierten Modellparameter benannt und erklärt, inwieweit signifikante Änderungen der Umweltwirkung daraus resultieren. Hierbei wird berücksichtigt, welche Optimierungsmöglichkeiten innerhalb der verschiedenen Verpackungssysteme die jeweiligen Akteur\*innen haben und Handlungsempfehlungen für diese abgeleitet.

## 6.2 Verpackungsgruppenübergreifende Trends

Dieser Abschnitt beschreibt die Erkenntnisse, welche anhand der Wirkungsabschätzung für mehrere oder alle Verpackungsgruppen gleichermaßen gültig sind. Es erfolgt zunächst eine Verdichtung der Ergebnisse, insbesondere mit Thematisierung der verschiedenen untersuchten Wirkungskategorien. Zudem werden die Aspekte der ergänzenden Auswertung (Kapitel 5.5) aufgegriffen. Anschließend erfolgt eine Übersicht von übergreifenden Trends in der sektoralen Auswertung, welche im Rahmen der Wirkungsabschätzung aller Systeme für die Wirkungskategorie Klimawandel (GWP fossil) und in der ergänzenden Auswertung für einzelne Systeme in drei weiteren Wirkungskategorien (Naturfernenpotenzial, aquatisches Eutrophierungspotenzial und Versauerungspotenzial) durchgeführt wurde. Ebenfalls Teil dieses Abschnitts ist die Thematisierung von der Eignung der gewählten Wirkungsindikatoren für prospektive Ökobilanzierungen, sowie Anmerkungen zur Konsistenz der verwendeten Datengrundlage und der Differenzierungsmöglichkeit von internen und externen Optimierungspotenzialen.

### 6.2.1 Verdichtung der Ergebnisse

Generell weisen alle Verpackungssysteme in den meisten Wirkungskategorien Reduktionspotenziale auf.

In den Ergebnissen der Umweltwirkungskategorien **Klimawandel** und **KEA fossil** sind über alle Verpackungssysteme und betrachteten Szenarien deutliche Reduktionen zu beobachten; die Ergebnisse passen somit zu den Annahmen und Festlegungen des GreenSupreme Szenarios. Das den Berechnungen zugrunde gelegte GreenSupreme Szenario geht unter anderem von einer umfassenden Dekarbonisierung und Defossilisierung insbesondere der Energiebereitstellung aus. Entsprechend reduzieren sich die fossilen Anteile sowohl der Treibhausgasemissionen als auch des kumulierten fossilen Energieaufwandes. Dies wird in den Ergebnissen für alle untersuchten Verpackungssysteme bestätigt. Es zeigt sich, dass eine Energiewende gemäß des GreenSupreme Szenarios in Kombination mit den zugrunde gelegten Verpackungsoptimierungen die Treibhausgasemissionen von Getränkeverpackungen um mindestens 90 % reduzieren kann.

Auch die weiteren Wirkungskategorien auf Basis **luftgetragener Schadstoffe** zeigen Reduktionen, aber nicht in gleichem Maße wie die Umweltwirkungskategorien Klimawandel und KEA fossil. Hauptverursacher von Luftschatdstoffen sind Verbrennungsprozesse. Diese bleiben insbesondere in der Materialherstellung und -verarbeitung relevant, da auch Alternativen wie E-Fuels und Wasserstoff nicht emissionsfrei sind und ebenfalls zu Stickoxidemissionen, im Fall von Wasserstoff aufgrund der höheren Verbrennungstemperatur u. U. sogar zu höheren Stickoxidemissionen, führen.

Kein einheitlicher Trend ist bei der Kategorie **aquatische Eutrophierung** zu beobachten. Hier zeigt sich ein erheblicher Einfluss der Gebindereinigung, welche unter dem Lebensabschnitt „Abfüllung“ mitberücksichtigt wird. Daher sinken die Umweltwirkungspotenziale durch aquatische Eutrophierung bei den Mehrweggebinden nicht so deutlich wie andere Kategorien. Ein weiterer relevanter Einfluss auf das aquatische Eutrophierungspotenzial findet sich in dem Einsatz von Recyclingfasern in Papiererzeugnissen und dadurch verursachte Abwasserströme. Papiererzeugnisse sind verpackungsgruppenübergreifend enthalten.

Bezüglich der Bewertung der **ressourcenbezogenen Wirkungskategorien** sind folgende Aspekte zu beachten:

- ▶ Der **KRA** ist sehr variabel und stark abhängig vom untersuchten Verpackungssystem. Der KRA berücksichtigt sowohl die Nutzung fossiler Energieträger als auch rohstoffliche Inputs für die Getränkeverpackungen. Daher sinkt der KRA nicht im gleichen Umfang wie die Treibhausgasemissionen. Erhöhung des Anteils an Sekundärmaterialien führen ebenfalls zu einer erheblichen Verringerung des KRA. Da im Rahmen der Studie der priorisierte KRA ausgewertet wurde, kommt als zusätzlicher Einfluss die Kritikalität der Rohstoffe und das Umweltgefährdungspotenzials hinzu, weshalb Veränderungen des priorisierten KRA nicht unbedingt mit einem mengenmäßig veränderten Rohstoffeinsatz verbunden sein müssen (zur Methodik hinter dem priorisierten KRA, vgl. Kapitel 3.3.7.1.2).
- ▶ Der KEA gesamt ist ein etablierter Indikator, der mit sehr guter Genauigkeit ermittelt werden kann. Er umfasst sowohl den erneuerbaren als auch nicht erneuerbaren Energieverbrauch. Er sinkt bei allen betrachteten Verpackungssystemen. Diese Verringerungen werden sich jedoch nicht nur auf die internen und externen Optimierungen zurückführen lassen. Ein wesentlicher Faktor ist auch der geringere Primärenergieeinsatz bei der Erzeugung von Strom aus Wind und Sonne im Vergleich zur Erzeugung in Wärmekraftwerken. Die Verringerungen des KEA gesamt sind deutlich geringer als beim KEA fossil oder den Treibhausgasemissionen, da anstelle von fossilen Energien verstärkt erneuerbare Energien eingesetzt werden. Beim Übergang vom Szenario 30-30 auf 30-45 kommt es bei der Mehrzahl der Verpackungssysteme zu einem Anstieg des KEA gesamt wobei i.d.R. im Szenario 45-45 die niedrigsten Werte erreicht werden.
- ▶ Das **Naturfernpotenzial** ist im Ergebnistrend oft steigend, aber nicht konstant. Der Indikator steigt oder stagniert prospektiv bei allen untersuchten Systemen und erreicht bis 2045 in der Regel Werte über dem Ausgangsniveau. Die Ergebnisse sind stark von der Nutzung von Holz und Papierfasern in den Systemen beeinflusst. Der Beitrag der Stromproduktion zum NFP ist in den Systemen überwiegend eher gering. Das NFP ist eine perspektivisch wichtige Umweltwirkungskategorie für die Zukunft, aber das aktuelle Modell hinter der Wirkungskategorie scheint noch nicht endgültig ausgereift zu sein. Zudem fehlen in vielen Datensätzen die für eine sachgerechte Bewertung notwendigen Informationen.

In der Zusammenschau der Ergebnisse wird deutlich, dass es zu Verlagerungseffekten kommt – weg von den luftgetragenen Schadstoffen inkl. THG hin zu Flächennutzungskonkurrenzen und NFP. Es wird auch deutlich, dass es sowohl beim KRA als beim KEA gesamt zu Verringerungen kommt, jedoch weiterhin im beträchtlichen Maße Rohstoffe und Energie eingesetzt werden müssen und bei diesen beiden Indikatoren deutlich geringere Einsparungen realisiert werden können als beim THG oder KEA fossil. Es zeigt sich aber auch, dass es bei den betrachteten Systemen keinen größeren Zielkonflikt zwischen Energie- und Rohstoffeffizienz gibt. Treibhausgasneutralität führt in diesem Fall zu keiner erkennbaren Erhöhung des Rohstoffbedarfs. Damit bleiben auch alle bisherigen Handlungsmöglichkeiten die auch bisher zu einer Verringerung von KRA und KEA gesamt beigetragen haben, z.B. Verringerung des Gewichts, Erhöhung des Sekundärmaterialanteils, Erhöhung der Umlaufzahl, Verringerung der Transportentfernungen und ganz allgemein Erhöhung der Effizienz aller Prozesse, relevant und können auch weiterhin zur Verringerung der Umweltbelastungen beitragen.

Die zusätzliche Betrachtung der **Kunststoffeinträge in die Umwelt** zeigt, dass Verpackungen mit hohem Kunststoffanteil potenziell höhere Kunststoffeinträge verursachen (siehe Kapitel 5.5). **Lärmemissionen** werden stark von der Distribution bestimmt (siehe Kapitel 5.5). Beide Aspekte erscheinen für die prospektive Betrachtung wichtig und sollten perspektivisch methodisch weiterentwickelt werden.

Die Berechnungen für die beiden Umweltproblemfelder zeigen verpackungsgruppenübergreifend geringe bis moderate Verbesserungen. Bei dem akkumulierten Kunststoffeintrag liegen die Reduktionen zwischen 5 % und knapp 50 %, bei den Lärmemissionen hingegen bei gut 5 % bis 25 %. Es gibt in beiden Kategorien keine Szenarien, in denen sich die Ergebnisse im Vergleich zum jeweiligen Referenzszenario verschlechtern.

Die Reduktionen, welche bei den Kunststoffeinträgen im Bereich **Makroplastik** erreicht werden, resultieren insbesondere aus der Umstellung auf Tethered Caps (TCs). Die Verschlüsse sind fest an der Flasche montiert, daher wird erwartet, dass weniger Verluste im Bereich der (Kunststoff-)Verschlüsse auftreten (Littering). TCs sind gemäß der Einweg-Kunststoffrichtlinie ab 2024 für Einweg-Getränkeverpackungen (PET-Einweg, Getränkeverbundkarton) zu verwenden.

Die Hauptursache für Lärmemissionen ist bei allen untersuchten Verpackungssystemen der Transport im Rahmen der Distribution. Die Umstellung auf Elektromobilität und Abkehr vom Verbrennungsmotor hat hierbei keinen entscheidenden Effekt, da die Abrollgeräusche der Fahrzeuge Treiber der Lärmemissionen sind und die Motorengeräusche hier nur einen untergeordneten Effekt haben. Auch die prospektiv steigende Anzahl an Windenergieanlagen führt in geringem Umfang zu einer höheren Lärmbelastung, die Effekte im Verkehr überlagern diese Entwicklungen jedoch deutlich.

Für beide Indikatoren muss berücksichtigt werden, dass die Ergebnisse aufgrund der gegenüber anderen Indikatoren, insbesondere THG und KEA, schlechteren Datenqualität entsprechend größere Unsicherheiten aufweisen.

Hinsichtlich der zusammenfassenden Bewertung der Optimierungen lässt sich insgesamt festhalten, dass die Veränderung der Hintergrunddaten in der Gesamtschau einen größeren Einfluss hat als die angenommenen verpackungsspezifischen Optimierungen.

### 6.2.2 Trends in der sektoralen Auswertung

Die Ergebnisse der Ökobilanz zeigen in der sektoralen Auswertung, wie die Umweltwirkungen auf die verschiedenen Abschnitte des Lebenswegs verteilt sind. Dabei lassen sich je nach Verpackungssystem verschiedene Abschnitte als besonders relevant identifizieren. Diese ergebnisrelevanten Lebenswegabschnitte weisen bei einigen Verpackungssystemen Verschiebungen für die prospektiven Szenarien auf. Verschiebungen, welche für mehrere Verpackungsgruppen übergreifend auffallen, werden zunächst in diesem Kapitel genannt, während verpackungsgruppenspezifische Auffälligkeiten im folgenden Kapitel 6.3 aufgegriffen werden.

Bei allen betrachteten Mehrwegsystemen fällt eine steigende Relevanz der **Einwegbestandteile** (Etiketten, Verschlüsse, Um- und Transportverpackungen) auf. Daher kann es perspektivisch sinnvoll sein, auch bei diesen Bestandteilen vermehrt die Themen Gewichtsreduktion, Materialwahl, Sekundäranteil (sowie gegebenenfalls auch Mehrwegführung) ins Auge zu fassen.

Ebenfalls ist bei den untersuchten Mehrwegsystemen in den prospektiven Szenarien eine deutliche Verschiebung in den energiebedingten Umweltwirkungen zu erkennen. Der zuvor ergebnisbestimmende Abschnitt **Abfüllung**, welcher die Reinigung der Flaschen beinhaltet, verliert bezüglich der Treibhausgasemissionen deutlich an Relevanz. Dies erklärt sich insbesondere durch die Umstellung der Warmwasserbereitstellung. Perspektivisch wird diese vollständig über Strom aus erneuerbaren Quellen betrieben, während das Wasser bisher zum Teil noch mit Erdgas aufgeheizt wird. Andere Kategorien, insbesondere die aquatische Eutrophierung, zeigen diese positive Entwicklung nicht in gleichem Maße.

Der Lebenswegabschnitt **Distribution** wird perspektivisch (2045) aufgrund des im GreenSupreme Szenario vollständig elektrifizierten Verkehrs bzgl. der Treibhausgasemissionen keine Relevanz mehr haben. Diese Entwicklung ist jedoch nicht für alle Wirkungskategorien zu beobachten.

Die ergänzend ausgewerteten Aspekte Kunststoffeintrag und Lärmemissionen zeigen sich insbesondere durch die Distribution beeinflusst. Der Eintrag von Mikroplastik wird stark vom Reifenabrieb bestimmt und nicht durch die Wahl des Antriebs beeinflusst. Er bleibt daher durch die Energiewende weitgehend unverändert und wird lediglich von der prospektiv geringeren Transportdistanz positiv beeinflusst. Die Kategorie Lärmemission wird durch die Distribution bestimmt. Bestimmend für die Lärmemissionen der Fahrzeuge sind jedoch Abroll- und Windgeräusche und nicht der Antrieb. Sie bleiben daher ebenfalls durch die Energiewende weitgehend unverändert und reduzieren sich primär durch sinkende Distributionsentfernung.

Die ergänzende Betrachtung von potenziellen Treibhausgasemissionen bei Berücksichtigung des **Füllgutes** (siehe Kapitel 5.5.6) in der Distribution zeigt, dass dieses mit einem deutlich relevanteren Anteil an den Treibhausgasemissionen verbunden ist als die Verpackung. Die Anteile der Emissionen, welche durch das Füllgut bedingt sind, bleiben auch prospektiv bis 2030 für alle untersuchten Verpackungsgruppen relevant und reduzieren sich erst mit der vollständigen Elektrifizierung des Verkehrs in 2045. Da in der Distribution der Getränkeverpackungen in der Regel Füllgut mittransportiert wird, dokumentieren diese Ergebnisse den Vorteil regionaler Bezugsquellen und möglichst kurzer Transportwege im Hinblick auf die durch die Distribution verursachten Umweltwirkungen. Dennoch bleiben die Herstellung und Entsorgung der Primärverpackung in den meisten Systemen Haupttreiber der Treibhausgasemissionen vor den Distributionsanteilen mit Füllgut (Einige Ausnahme: PET-Mehrweg in 30-30).

Im Rahmen der ergänzenden Auswertung (siehe Kapitel 5.4) wurde zudem die Bedeutung der **Umlaufhäufigkeit** und der **Distributionsdistanzen** für prospektive Szenarien untersucht. Dafür wurden in allen untersuchten Szenarien jeweils die Umlaufzahlen für die Mehrweggebinde um 20 % und die Transportdistanzen um 25 % in beide Richtungen variiert. Kombinierte Szenarien der beiden variierten Faktoren, wie sie in den Sensitivitätsanalysen vorliegen, wurden in diesem Fall jedoch nicht bestimmt. Die Ergebnisse zeigen für beide untersuchten Verpackungsgruppen mit Mehrwegführung, dass die Bedeutung der Umlaufzahl für die untersuchten Wirkungskategorien weitestgehend unverändert bleibt, während der Einfluss der Distributionsdistanz prospektiv leicht abnimmt.

Die Stellschrauben, welche übergreifend für alle Verpackungsgruppen in ähnlichem Maß wirksam sind, können wie folgt zusammengefasst werden:

- a) Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien, Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz
- b) Energieeffiziente Prozesse in Herstellung und Abfüllung der Gebinde
- c) Vermehrter Einsatz von Sekundärmaterial (Primärkörper, auch im Bereich Verschluss und Etikett)
- d) Maximaler Rücklauf der Verpackung in das werkstoffliche Recycling
- e) Geringere Distributionsdistanzen, insbesondere bei Mehrwegverpackungen
- f) Elektrifizierte Verkehrsmittel

g) Einsatz von PtX-Kunststoffen, insbesondere bei Kunststoffanteilen der Primärverpackung (PET, GVK)

Die spezifischen Auswirkungen verschiedener Stellschrauben auf die einzelnen Verpackungssysteme werden in Kapitel 6.4 erläutert und in Kapitel 6.5 zusammenfassend dargestellt, sowie mit den Handlungsfeldern der verschiedenen Akteursgruppen in einen Zusammenhang gebracht.

### **6.2.3 Implikationen der Auswahl der Wirkungsindikatoren in prospektiven Ökobilanzen**

Für die Interpretation der Ergebnisse der Wirkungsabschätzung einer prospektiven Ökobilanz wie sie hier durchgeführt wurde, stellt sich die Frage nach der Relevanz und Belastbarkeit der einzelnen Wirkungsindikatoren.

Human- und Ökotoxizität sowie toxische Schädigung von Menschen durch ionisierende Strahlung wurden wie im Abschnitt 3.2.2 begründet und beschrieben nicht in der Bilanzierung betrachtet. Bei der Ressourcenbeanspruchung wurde der priorisierte KRA anstelle des KRA ausgewertet (vgl. Abschnitt 3.2.2).

Das Treibhausgaspotenzial („Klimawandel“) wird aktuell häufig als Leitindikator der Ökobilanzierung genutzt; mit der Methode des Product Carbon Footprint hat sich auf Basis der Ökobilanzierung eine eigene Methodik etabliert, welche nur auf diesen Indikator abstellt. Für eine prospektive Betrachtung mit Zeithorizont 2045 und bei einer Modellierung des Hintergrundsystems auf Basis des RESCUE Szenarios, welches eine erfolgreiche Transformation des Energiesystems und eine signifikante Reduktion der nationalen Treibhausgasemissionen (Treibhausgasneutralität) unterstellt, ist die Bedeutung dieses potenziellen Leitindikators zu bewerten. Hierbei sind zwei grundlegend verschiedene Ansätze denkbar:

- 1) Da Treibhausgasneutralität erreicht wurde, hat das Treibhausgaspotenzial als Wirkungsindikator keine besondere Bedeutung mehr.
- 2) Das Treibhausgaspotenzial hat (nach wie vor) eine kritische Bedeutung, da jedes Gramm Emission an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten potenziell eine Zielverfehlung mit sich bringt.

Eine Antwort, welcher Ansatz zu bevorzugen ist, lässt sich nicht wissenschaftlich treffen, sondern beinhaltet normative Setzungen. Vor diesem Hintergrund aber erscheint klar, dass in jedem Fall das Treibhauspotenzial nicht als alleiniger Leitindikator in der prospektiven Betrachtung in Frage kommt.

Für zukünftige Untersuchungen dieser Art ist es daher notwendig, neue richtungsweisende und konsistent zu bestimmende Indikatoren zu identifizieren oder gegebenenfalls zu entwickeln und eine vergleichbar sichere Datenbasis zu schaffen. Von den bisherigen Indikatoren sind nur wenige über den gesamten Lebensweg relevant und darstellbar.

An dieser Stelle zeigen ressourcenbezogene Indikatoren (insbesondere KEA und KRA) einen Vorteil, da diese über den gesamten Lebensweg erfassbare Beiträge liefern können und sich ähnlich dem GWP auch als Kontrollgröße eignen. Sowohl für KEA als auch für KRA können jeweils nach VDI-Richtlinien VDI 4600 bzw. VDI 4800 Blatt 2) bestimmt werden, denen bereits Abstimmungsprozesse zugrunde liegen und wo gezielt eine vergleichbare Erhebungsmethodik entwickelt wurden. Dabei ist sowohl für den KEA als auch für den KRA eine differenzierte Darstellung möglich, die die Aussagekraft verbessern kann. Einschränkungen in der Aussagekraft des Indikators Naturfernepotenzial wurden in den Kapiteln 3 und 4 beschrieben. Hier zeigen sich für alle 28 untersuchten Verpackungssysteme zum GWP fossil und KEA fossil gegenläufigen Werte. Dies deutet darauf hin, dass ein Bedarf besteht, auch die zunehmende

Flächennutzung und den damit verbundenen menschlichen Einfluss auf natürliche Ökosysteme (Hemerobie) durch den Ausbau der erneuerbaren Energien oder die verstärkte Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu berücksichtigen. Das Naturfernepotenzial könnte insofern bei prospektiven Ökobilanzen auch geeignet sein, KEA und KRA zu ergänzen und ggf. helfen Zielkonflikte, aber auch Synergien zwischen Energieeffizienz, Rohstoffeffizienz und Natureingriff zu identifizieren.

Im Rahmen dieser Studie erfolgte auch eine Erfassung von Lärm als zusätzliche Umweltwirkungskategorie. Die Ergebnisse müssen aufgrund der noch nicht etablierten Berechnungsmethodik mit Vorsicht betrachtet werden. Dass in dieser Studie die Lärmemissionen deutlich von den Distributionstransporten bestimmt werden, kann auch dadurch beeinflusst worden sein, dass für Transporte die umfassendsten Lärmdata vorliegen. Die Schaffung einer umfassenden und konsistenten Datenbasis steht hier noch aus. Dennoch lässt sich die Bedeutung von Transportprozesse für Lärmemissionen relativ klar feststellen, was sich auch perspektivisch nicht ändert.

#### **6.2.4 Konsistenz der Datengrundlage**

Die verwendeten Hintergrunddaten haben einen großen Einfluss auf die Ergebnisse der Ökobilanz und sind neben den anderen Annahmen und Modellierungsfragen mitentscheidend für die Ergebnisse. Ein wichtiger Aspekt dabei ist insbesondere die Konsistenz der verwendeten Daten zueinander. Hier kann es zwischen unterschiedlichen Datenbanken sowie primär erhobenen Daten erhebliche Inkonsistenzen geben. Dabei ist in der Regel davon auszugehen, dass Abweichungen bei den Umweltwirkungskategorien, die deutlich von Maßnahmen des nachsorgenden Umweltschutzes beeinflusst werden, vergleichsweise größer sind als etwa beim Treibhausgaspotenzial. Hier bestehen größere Unsicherheiten bei der Erhebung, größere regionale Unterschiede, aber auch ein größerer Einfluss von möglicherweise veralteten Daten.

Im Rahmen dieser Studie wird dies insbesondere in dem Schritt von aktuellen Status quo-Werten zum folgenden SQ-30-Szenario deutlich. Nahezu alle Systeme machen hierbei einen deutlichen Sprung, der sich in der folgenden Entwicklung nicht fortsetzt. Diese Auffälligkeit ist in Kapitel 5 bereits erläutert worden und begründet sich darin, dass die Datenbasis der Berechnungen im reinen SQ-Szenario eine andere ist als in allen folgenden Szenarien. Eine Interpretation dieser Veränderungen als Folge von Optimierungen wäre demnach irreführend und erfolgt daher nicht. Der Wechsel in der Datengrundlage ist begründet in den Vorgaben der Mindestanforderungen, welche eine möglichst aktuelle Datenerhebung für den Ist-Zustand vorschreibt. Eine Limitierung in Bezug auf die getroffenen Schlussfolgerungen ergibt sich hierdurch jedoch nicht.

Ein Beispiel für prozessbezogene Inkonsistenzen in der Datenverfügbarkeit findet sich in den Ergebnissen der Wirkungskategorie aquatische Eutrophierung: Die Abwasserwerte für diesen Indikator liegen in Ecoinvent offenbar nicht für alle Kunststoffproduktionen gleichermaßen vor, anders sind starke Abweichungen verschiedener Kunststoffe kaum zu erklären. Eine genaue Auflösung der Aufbereitung dieser Daten ist mittels der verwendeten Datenbank nicht möglich. Eine Problematik zeigt sich zudem bei der prospektiven Modellierung der Glasherstellung. Es war mit der verwendeten Datenbank nicht möglich zukünftige Elektroschmelzwannen abzubilden, da derartige Schmelzwannen in der Behälterglasindustrie bisher nicht genutzt werden und in den Datenbanken daher nicht hinterlegt sind. Dementsprechend wurden im Rahmen der Ökobilanz die bisherigen Schmelzwannen (gas- und ölbefeuert) berücksichtigt. Lediglich alle Prozesse, die bereits aktuell Strom beziehen, wurden auf erneuerbare Energien umgestellt. Es werden möglicherweise hierdurch erzielbare Verbesserungen unterschätzt.

## 6.2.5 Besonderheiten der Differenzierung interner und externer Optimierungspotenziale

Die Optimierungen, welche durch die Änderungen der Rahmenbedingungen (externe Optimierung) ermöglicht werden, sind in den meisten Fällen deutlich größer als jene, die durch interne Prozess- oder Systemoptimierungen (interne Optimierung) erreicht werden können.

Insbesondere für das Treibhausgaspotenzial kann im Rahmen der zugrunde liegenden Annahmen daher nur ein begrenzter unmittelbarer Einfluss von Herstellenden auf die Umweltwirkungen – und dementsprechend die Optimierung – ihrer Produkte festgestellt werden. Erheblichen Einfluss kann aber der Bezug von Strom aus zertifizierten erneuerbaren Energien oder die Nutzung elektrifizierter Logistik haben. Aber auch produktsspezifische Faktoren wie beispielsweise die Gewichtsreduktion bei Materialkonsistenz wirken sich auf alle Kategorien positiv aus.

Übergreifend betrachtet kann die größte interne Optimierung bei der Umstellung der Energieversorgung im Rahmen der Reinigung von Mehrwegverpackungen identifiziert werden. Aber auch der Anteil an eingesetztem Sekundärmaterial hat einen relevanten Einfluss – insbesondere bei den Einwegsystemen. Im Detail werden die verpackungsgruppenspezifischen Optimierungsmöglichkeiten im nachfolgenden Abschnitt behandelt.

Die internen Optimierungen finden insbesondere für die Kategorien KEA nicht erneuerbar, Klimawandel fossil und Klimawandel total – also die Kategorien mit dem insgesamt größten Optimierungspotenzial – ausschließlich in dem Schritt auf das Szenario 2030 statt. In diesen Kategorien sind 2045 allerdings durchweg größere Optimierungen erkennbar als 2030, welche zudem vollständig aus den externen Veränderungen resultieren.

## 6.3 Verpackungsgruppenspezifische Entwicklungen und Empfehlungen

Der Fokus der vorherigen Abschnitte lag insbesondere auf den übergreifenden Trends, welche im Rahmen der Studie für alle oder zumindest eine Mehrzahl der untersuchten Verpackungsgruppen identifiziert wurden. In diesem Kapitel werden die Besonderheiten der einzelnen unterschiedenen Verpackungsgruppen erläutert und der Frage nachgegangen, welche spezifischen Optimierungsmöglichkeiten es gibt bzw. besonderen Einfluss hinsichtlich der zukünftigen Optimierung aufweisen.

Zwar wurden im Rahmen der Studie entsprechend der vor und im Projektverlauf getroffenen Absprachen Kombinationen von Optimierungen gemeinsam bilanziert. Ergänzend zu dieser kombinierten Betrachtung erfolgt nun eine differenziertere Beurteilung der einzelnen Optimierungspotenziale. Dies geschieht auf Basis der gemeinsamen Betrachtung der Erkenntnisse von Sachbilanz und Wirkungsabschätzung unter Rückgriff auf die Expertise der Autorinnen und Autoren. Fokus bei der Beurteilung ist die Zeitachse vom derzeitigen Status quo (ermittelt in der Datenerhebung wie in 4.2 und 4.3 beschrieben) bis 2045. Dafür werden die wesentlichen Stellschrauben zur Optimierung der Verpackungsgruppen benannt und ihrer Wirksamkeit qualitativ beurteilt.

Zudem werden besondere Merkmale der Verpackungsgruppen ausführlicher beleuchtet. Gleichzeitig werden spezifische Einschränkungen in der Ergebnisinterpretation, welche sich aus dem Vorgehen in der Studie ergeben, benannt.

### 6.3.1 Aluminium Getränkendose

#### Aluminium Getränkendose

In dieser Verpackungsgruppe wurden drei Systeme untersucht.

- ▶ LFD 02: 0,5 l im Getränkesegment Bier
- ▶ LFD 09: 0,33 l im Getränkesegment karbonisierte Getränke
- ▶ LFD 10: 0,25 l im Getränkesegment karbonisierte Getränke

Die Aluminium-Getränkendosen zeigen für beide prospektiven Szenarien (2030 und 2045) in den meisten Wirkungskategorien sinkende Umweltauswirkungen. Die Auswertung der Ergebnisse von Kapitel 5 zeigt, dass die Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien hier ein ganz wesentlicher Faktor zur Optimierung ist.

**Abbildung 135: Übersicht der Entwicklung in der Verpackungsgruppe Aluminium Getränkedose**

Aluminium Getränkedose	prospektive Gesamtentwicklung		Optimierungspotenziale		
	2030	2045	2030	2045	
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	+	+	interne	+	+
			externe		+
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	+	+++	interne	+	o
			externe		++
Naturfernpotenzial NFP	+	-	interne	+	+
			externe		-
Wasserverbrauch	+	-	interne	+	+
			externe		-
Klimawandel total	+	+++	interne	+	o
			externe		++
Klimawandel fossil	+	++	interne	+	o
			externe		++
Versauerung	+	+	interne	+	+
			externe		+
Sommersmog	+	+	interne	+	+
			externe		+
Stratosphärischer Ozonabbau	+	+	interne	+	+
			externe		+
aquatische Eutrophierung	+	---	interne	+	+
			externe		---
terrestrische Eutrophierung	+	+	interne	+	+
			externe		+
Krebsrisikopotenzial (CRP)	+	+	interne	+	+
			externe		o
Feinstaub PM2,5	+	++	interne	+	+
			externe		+
Kunststoffeintrag in die Umwelt	+	+	Mikro	+	+
			Makro	+	+
Lärmemissionen	+	+	interne	+	+
			externe		o

Quelle: Eigene Darstellung, WI.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse fällt auf, dass die **aquatische Eutrophierung** für 2045 sehr deutlich zunimmt. Der Sprung der Ergebnisse dieser Kategorie findet beim Übergang vom Szenario 30-30 in das Szenario 30-45 statt, die Ursache ist auf die Veränderungen der äußeren

Rahmenbedingungen zurückzuführen. Die sektorale Auswertung dieser Kategorie zeigt, dass der Anstieg der Ergebnisse vollständig durch den Abschnitt „Um- und Transportverpackung“ verursacht wird, wobei es sich primär um die Auswirkungen von vermehrtem Einsatz von Recyclingfasern handelt, was zu höheren direkten Abwasseremissionen führt. In dieser Kategorie ist demnach ein gegenläufiger Trend zu den in den meisten Kategorien zu vermerkenden Verbesserungen durch die Energiewende erkennbar.

Der **Wasserverbrauch** steigt aus den gleichen Gründen; allerdings nicht so stark wie die aquatische Eutrophierung. Beim **Naturfernpotenzial** ist der zu beobachtende Trend zudem durch den Flächenbedarf von erneuerbarer Stromerzeugung verursacht. Da der Strombedarf beim Einsatz von Recyclingfasern höher ist als bei Primärfasern, spielt auch hier die Erhöhung des Recyclinganteils in der Um- und Transportverpackung eine Rolle.

Der **priorisierte KRA** sinkt in dieser Verpackungsgruppe nur marginal. Die Ursache liegt darin, dass der Sekundäranteil im Aluminium im Basisszenario mit 79,3 % für Verschluss und Dosenkörper bereits verhältnismäßig hoch ist (weitere angenommene Erhöhung auf 94 % bzw. 96 %) und zudem eine Reduktion des Gesamtaluminiumeinsatzes bei der Getränkendose technisch kaum noch möglich ist. Die Dose würde bei weiterer Reduktion ihre Formstabilität verlieren.

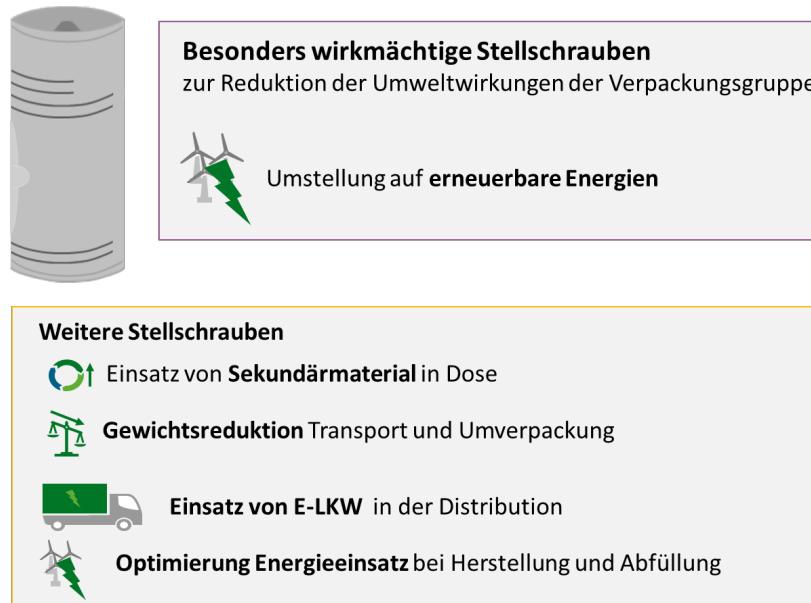
Die Optimierungspotenziale durch Randbedingungen überwiegen bei der Getränkendose deutlich. Neben der Umstellung auf erneuerbare Energien, die bei der Aluminiumgetränkendose sehr wichtig erscheint, und der Steigerung der Energieeffizienz in Herstellung und Abfüllung, kann auch durch den Einsatz von elektrifizierten LKW in der Distribution perspektivisch eine Reduktion der Umweltwirkungen erfolgen.

Intern führt eine Erhöhung des Sekundäranteils im Aluminium bis auf 96 % im Szenario 2045 trotz bereits hohem Recyclingaluminiumeinsatzes noch zu erkennbaren Optimierungen. Ein verstärkt zu untersuchender Aspekt ist die Um- und Transportverpackung, welche ab 2045 auch das verbleibende **Treibhausgaspotenzial** bestimmt. Hier erscheinen Optimierungen realisierbar, auch wenn die eingesetzte Wellpappe eher geringe Umweltlasten zeigt (bei ggf. gegenläufigen Entwicklungen in der Eutrophierung und bei NFP).

Im Zuge der **Sensitivitätsanalyse** wurde für die Aluminiumdosen im Status quo-Szenario eine Variante mit deutlich reduziertem Sekundäralkaliumeinsatz von 50 % im Dosenkörper berechnet. Die Variation der Kreislaufführung vom Aluminium hat auf die untersuchten Wirkungskategorien unterschiedlich hohen Einfluss, jedoch zeigen alle eine steigende Tendenz. Insbesondere das Krebsrisikopotenzial (CRP), der priorisierte KRA, Wasserverbrauch, Versauerung und Feinstaub verschlechtern sich nennenswert um etwa 20-50 %. Die Analyse zeigt demnach das zu erwartende Ergebnis.

Die **Stellschrauben** zur zukünftigen Optimierung der Aluminium-Getränkendose liegen somit insbesondere in den folgenden Bereichen:

**Abbildung 136: Stellschrauben zur Optimierung der Aluminiumgetränkendosen**



Bezüglich der Erkenntnisse zur Aluminium-Getränkendose lassen sich die folgenden Einschränkungen feststellen:

- Ein hoher Anteil an Sekundäraluminium im Primärkörper ist nur dann möglich, wenn das Angebot an für die benötigten Legierungen geeignetem Sekundäraluminium ausreichend hoch ist. Die Marktentwicklung von Getränkendosen befindet sich derzeit in einer Wachstumsphase, daher besteht die Möglichkeit, dass ein Anteil des Rezyklateinsatzes mit importiertem Dosenverschrott gedeckt werden muss. Das bedeutet, dass dort dann Recyclingmaterial fehlt. Dies hat jedoch bei der langfristigen Betrachtung in dieser Studie keine Relevanz, da in Zukunft davon auszugehen ist, dass die benötigte Infrastruktur für ein funktionierendes Closed-Loop-Recycling in 2045 etabliert ist und die Getränkendose ein stabiles Markt-Niveau erreicht haben wird.

### 6.3.2 PET-Einwegflasche

#### PET-Einwegflasche

In dieser Verpackungsgruppe wurden 13 Systeme untersucht.

- LFD 01: 0,5 l im Getränkesegment Bier
- LFD 05 bis LFD 08: 1,5 l, 1,25 l, 1,0 l und 0,5 l im Getränkesegment karbonisierte Getränke
- LFD 17 bis LFD 22: 1,5 l, 1,25 l, 0,75 l und 0,5 l im Getränkesegment stille Getränke
- LFD 26 und LFD 27: 1,5 l und 1,0 l im Getränkesegment Säfte und Nektare

Die PET-Einwegflaschen zeigen im Schnitt über alle untersuchten Wirkungskategorien abgesehen von dem Naturfernenpotenzial sinkende Umwelteinwirkungen. Die zugrunde gelegten Veränderungen für interne Prozesse und äußere Rahmenbedingungen eignen sich in Summe demnach dazu, Optimierungspotenziale in dieser Verpackungsgruppe umzusetzen.

**Abbildung 137: Übersicht der Entwicklungen in der Verpackungsgruppe PET-Einwegflaschen**

PET-Einwegflasche	prospektive Gesamtentwicklung		Optimierungspotenziale		
	2030	2045	interne	2030	2045
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	+	++	interne	+	+
			externe		+
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	+	+++	interne	+	o
			externe		++
Naturfernpotenzial NFP	+	-	interne	+	+
			externe		--
Wasserverbrauch	+	+	interne	+	+
			externe		o
Klimawandel total	+	+++	interne	+	o
			externe		++
Klimawandel fossil	+	+++	interne	+	o
			externe		++
Versauerung	+	++	interne	+	+
			externe		+
Sommersmog	+	++	interne	+	+
			externe		+
Stratosphärischer Ozonabbau	+	++	interne	+	+
			externe		+
aquatische Eutrophierung	+	+	interne	+	+
			externe		-
terrestrische Eutrophierung	+	++	interne	+	+
			externe		+
Krebsrisikopotenzial (CRP)	+	++	interne	+	+
			externe		+
Feinstaub PM2,5	+	++	interne	+	+
			externe		+
Kunststoffeintrag in die Umwelt	+	+	Mikro	+	+
			Makro	+	+
Lärmemissionen	+	+	interne	+	+
			externe		o

Quelle: Eigene Darstellung, WI.

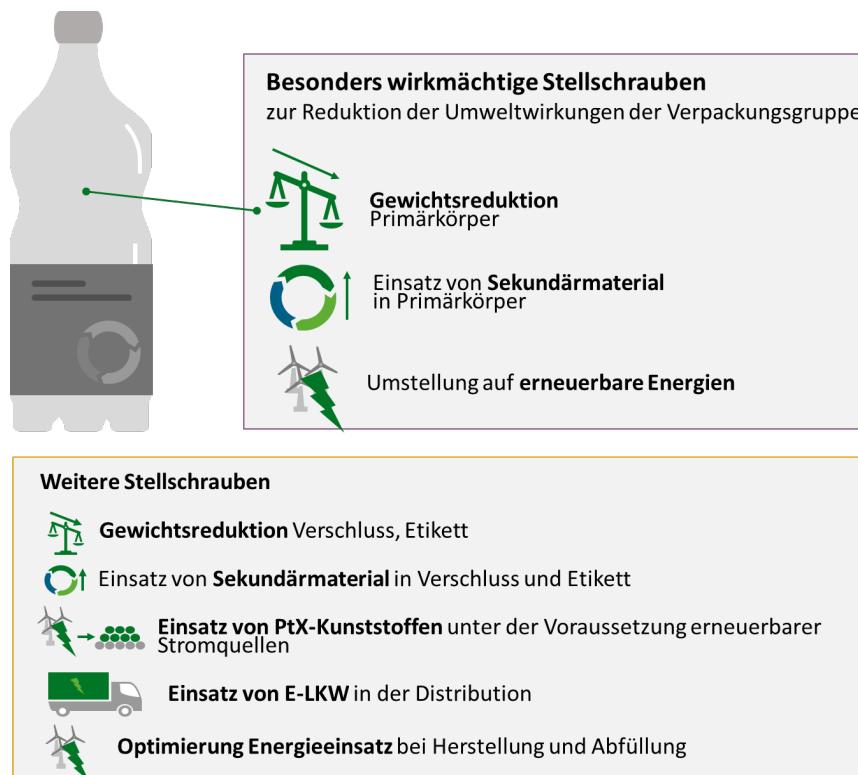
Es fallen keine Verschiebungen der ergebnisbestimmenden Lebenswegabschnitte auf. Die **Herstellung der Primärverpackung** bleibt auch prospektiv betrachtet der ergebnisbestimmende Lebenswegabschnitt. Die größte Stellschraube der

Optimierungsmöglichkeiten fokussiert sich daher auch zukünftig insbesondere auf einen möglichst hohen Einsatz von Sekundärmaterial und möglichst geringe Materialmengen, respektive eine Verringerung des Gewichts. Der Verzicht auf (primäre) fossile Rohstoffe als Feedstock durch den Einsatz von **Recyclingmaterial** wirkt sich deutlich positiv auf die Umweltwirkungen der Verpackungen aus.

Für die Verpackungsgruppe der PET-Einwegflaschen wurden keine Sensitivitätsanalysen durchgeführt.

Die **Stellschrauben** der PET-Einwegflaschen liegen somit insbesondere in den folgenden Bereichen:

**Abbildung 138: Stellschrauben zur zukünftigen Optimierung von PET-Einwegflaschen**



Quelle: Eigene Darstellung, Ökopol

Bezüglich der Erkenntnisse zur PET-Einwegflasche ist ergänzend Folgendes festzuhalten:

- ▶ Der maximale Anteil von Sekundärmaterial ist durch die Verfügbarkeit recycelter Materialien begrenzt. Da es unter anderem durch Recycling- und Herstellungsprozesse zu Materialverlusten kommt, ist ein vollständig geschlossener Kreislauf ohne Zufuhr von primärem Material oder Import von Recyclingmaterial nicht für den gesamten Markt realisierbar.
- ▶ Von Begleitkreismitgliedern wurde angemerkt, dass eine signifikante Menge an Einweg-Plastikflaschen (Schätzwert liegt bei ca. 20 Prozent) bei Tankstellen, Kiosken oder anderen Kleinstverkaufsstellen zurückgegeben würden. Die Erfassung erfolge bei solchen Kleinstverkaufsstellen unkomprimiert in Plastiksäcken mit relativ ineffizientem Transport über lange Transportdistanzen. Falls vor diesem Hintergrund eine Unterschätzung der Umweltwirkungen aus dem Transport leerer PET Einwegflaschen in der Modellierung

erfolgt sein sollte, würde hierdurch ein Optimierungspotenzial im Transport unterschätzt werden.

### 6.3.3 Glas-Mehrwegflasche

#### Glas-Mehrwegflasche

In dieser Verpackungsgruppe wurden acht Systeme untersucht.

- ▶ LFD 03 und LFD 04: 0,5 l und 0,33 l im Getränkesegment Bier
- ▶ LFD 12 bis LFD 15: 0,75 l, 0,7 l, 0,5 l und 0,33 l im Getränkesegment karbonisierte Getränke
- ▶ LFD 24: 0,75 l im Getränkesegment stille Getränke
- ▶ LFD 28: 1,0 l im Getränkesegment Säfte und Nektare

Die Glas-Mehrwegsysteme zeigen für die meisten Wirkungskategorien unter den prospektiv getroffenen Annahmen Optimierungspotenziale. Ausgenommen ist neben dem Naturfernepotenzial auch das Krebsrisikopotenzial (CRP). Dieses weist eine geringe Verschlechterung für 2030 auf und verbleibt 2045 auf diesem Niveau. Bei der detaillierten Betrachtung der Optimierungspotenziale ist erkennbar, dass im Szenario 2045 keine weitere Veränderung stattfindet, da sich eine geringe Verschlechterung durch externe Faktoren und eine geringe Optimierung durch interne Aspekte gegenseitig aufheben.

**Abbildung 139: Übersicht der Entwicklungen in der Verpackungsgruppe Glas-Mehrwegflaschen**

Glas-Mehrwegflasche	prospektive Gesamtentwicklung		Optimierungspotenziale		
	2030	2045	2030	2045	
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	+	+	interne	+	+
			externe		+
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	+	+++	interne	+	o
			externe		++
Naturfernpotenzial NFP	+	-	interne	+	+
			externe		-
Wasserverbrauch	+	+	interne	+	o
			externe		o
Klimawandel total	+	+++	interne	+	o
			externe		++
Klimawandel fossil	+	++	interne	+	o
			externe		++
Versauerung	+	++	interne	+	+
			externe		+
Sommersmog	+	++	interne	+	+
			externe		+
Stratosphärischer Ozonabbau	+	++	interne	+	+
			externe		+
aquatische Eutrophierung	+	+	interne	+	+
			externe		+
terrestrische Eutrophierung	+	++	interne	+	+
			externe		+
Krebsrisikopotenzial (CRP)	-	o	interne	-	+
			externe		-
Feinstaub PM2,5	+	++	interne	+	+
			externe		+
Kunststoffeintrag in die Umwelt	+*	+*	Mikro	+	+
			Makro	++	o
Lärmemissionen	+	+*	interne	+	+
			externe		o

Quelle: Eigene Darstellung, WI.

In den Glas-Mehrwegsystemen verbleibt über den Lebensweg auch prospektiv der für die Umweltwirkungen bestimmende Faktor die Abfüllung.

Insbesondere die **aquatische Eutrophierung** und der **Wasserverbrauch** können durch die untersuchten Veränderungen nur geringfügig verringert werden. Während andere Wirkungskategorien stark von der Energieerzeugung dominiert werden, ist hier der Einfluss des Reinigungsprozesses relevant. Als Ursache kommen dabei sowohl die eingesetzten Reinigungsmittel als auch die zu beseitigenden Verschmutzungen und Restfüllungen infrage. Auch perspektivisch wird diese Umweltwirkungskategorie vermutlich nur in geringem Maße verringert werden können.

Der **priorisierte KRA** sinkt in diesem System nur wenig, da bei der Verpackungsglasherstellung aktuell bereits vergleichsweise hohe Rezyklatanteile eingesetzt werden. Diese sind in der Vergangenheit bereits optimiert worden und bieten technisch bedingt nur begrenzte Möglichkeiten für eine weitere Erhöhung. Dadurch kann sich prospektiv für Weißglasgebinde auch keine deutliche Erhöhung abzeichnen. Auch eine Gewichtsreduktion ist ohne eine deutliche Veränderung der Flaschenform – und gegebenenfalls damit verbunden auch des Formgebungsverfahrens – nur eingeschränkt möglich.

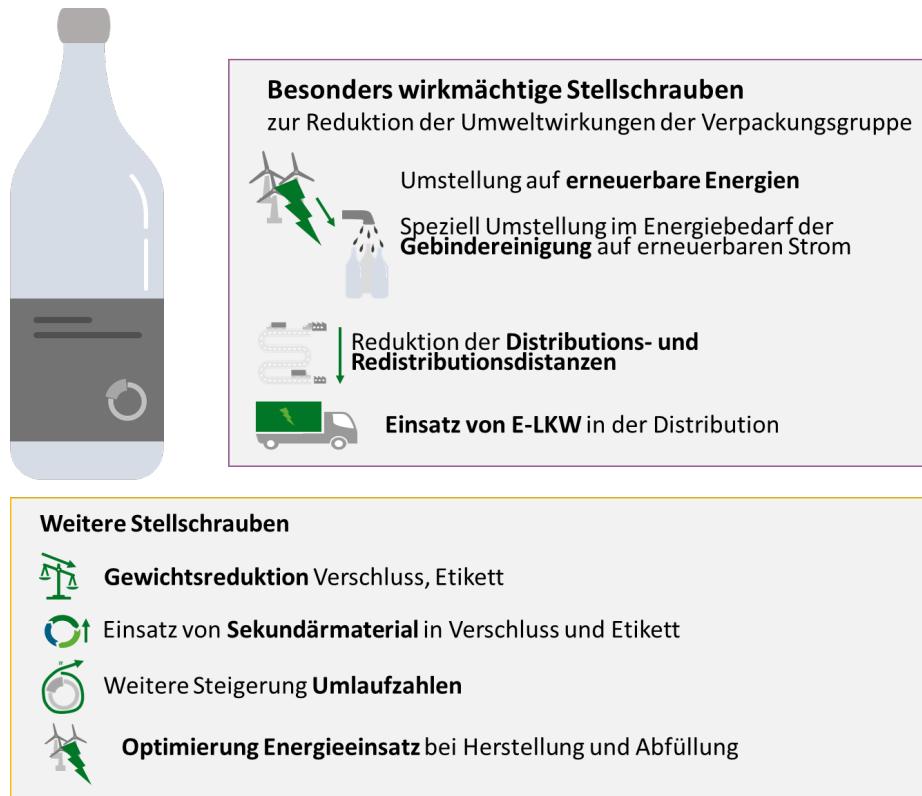
Die **Einwegkomponenten**, d. h. Deckel und Etiketten der Glas-Mehrwegsysteme gewinnen mit jedem Umlauf an Relevanz, da sie entsorgt und erneuert werden müssen. Den Einwegbestandteilen kommt daher perspektivisch eine deutlich größere Bedeutung – auch für weitere Optimierungen – zu. Denkbare Optimierungen an dieser Stelle wären neben dem vermehrten Recyclingeinsatz die Materialwahl von Deckel und Etikett, gegebenenfalls auch die Entwicklung und Verwendung von mehrwegfähigen Verschlüssen. Zudem könnte untersucht werden, ob die Wahl der Glasfarbe Optimierungsmöglichkeiten bieten kann. Grünglas beispielsweise ist weniger anfällig für unerwünschte Farbabweichungen und wird i.d.R. mit einem höheren Scherbeneinsatz (Recyclingmaterial) hergestellt als Weißglas. Diese Aspekte waren jedoch nicht Gegenstand der Untersuchung und lassen sich auf Basis der vorliegenden Ergebnisse nicht beurteilen.

Die zunehmende Bedeutung insbesondere der Verschlüsse zeigt jedoch auch, dass innerhalb der betrachteten Systeme **Zielkonflikte** entstehen können. Eine Möglichkeit zur Verringerung des Gewichts der Gebinde besteht in einer gleichmäßigeren Glasverteilung in den Flaschen, die jedoch i. d. R. den Einsatz des s. g. Press-Blas-Verfahrens anstelle des s. g. Blas-Blas-Verfahrens voraussetzen, würde. Dafür werden bisher größere Mündungen und damit verbunden auch größere Verschlüsse benötigt. Leichtere Gebinde können daher in einem Zielkonflikt mit der Verringerung des Einflusses der Verschlüsse stehen.

Bei den Glas-Mehrwegsystemen wurden im Zuge der **Sensitivitätsanalyse** die Auswirkungen von Variationen der Umlaufzahl und der Distributionsentfernung auf das Basisszenario (Status quo) untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl eine Erhöhung der Umlaufzahlen um 20% als auch eine Verringerung der Transportwege um 25 % zu geringen Optimierungen des Systems führen kann. Analog dazu verhalten sich die gegenteiligen Varianten (-20 % Umläufe und +25 % Entfernung). Die Kombination beider varierten Faktoren zu einem ungünstigsten Maximalszenario mit verringriger Umlaufzahl und erhöhter Transportdistanz sowie einem günstigsten Minimalszenario mit erhöhter Umlaufzahl und reduzierter Transportdistanz zeigt dementsprechend die Summe beider Veränderungen. Es können im Schnitt über die Wirkungskategorien Optimierungen bzw. Verschlechterungen von etwa bis zu 20 % erreicht werden. Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die Aspekte Umlaufzahl und Distributionsentfernung in der gewählten Varianz einen geringen Einfluss auf die Ergebnisse hat, insbesondere im Vergleich zu den Optimierungen, welche in einigen Kategorien durch die äußeren Rahmenbedingungen oder die interne Umstellung der Reinigung erreicht werden können. Allerdings beeinflussen die untersuchten Sensitivitäten alle untersuchten Wirkungskategorien richtungsgleich.

Die **Stellschrauben** der Glas-Mehrwegflaschen liegen somit insbesondere in den folgenden Bereichen:

**Abbildung 140: Stellschrauben zur zukünftigen Optimierung von Glas-Mehrwegflaschen**



Quelle: Eigene Darstellung, Ökopol

Bezüglich der Erkenntnisse zur Glas-Mehrwegflaschen ist ergänzend Folgendes anzumerken:

- Bei den Mehrwegsystemen wurden keine Anpassungen der Um- und Transportverpackungen bilanziert. Es kann an dieser Stelle als Analogieschluss vermutet werden, dass eine Gewichtsreduktion, sowie auch die Erhöhung der Sekundäranteile eine positive Auswirkung auf die Umweltprofile hätte. Optimierungspotenziale sind in zukünftigen Studien im Bereich der Um- und Transportverpackungen von Mehrwegsystemen zu untersuchen. Wenn die ergebnisbestimmenden Aspekte sich aus den Bereichen Abfüllung und Distribution unter Umsetzung der Energiewende zunehmend in Richtung der Einwegbestandteile und Um- und Transportverpackungen von Mehrwegsystemen verschieben, erhält dieser Aspekt eine steigende Relevanz.
- Die Bedeutung von Gewichtsreduktionen und Erhöhung des Sekundäranteils im Primärkörper nimmt mit steigender Umlaufzahl ab. Insbesondere in Bezug auf die Transporte der Distribution und Redistribution bleibt die Gewichtsreduktion der verhältnismäßig schweren Glas-Mehrwegflaschen weiterhin ein wichtiger Faktor.
- Von Seiten von Mitgliedern des Begleitkreises wurden die angenommenen Umlaufzahlen teilweise als zu niedrig, teilweise auch als zu hoch bewertet. Eine alternative Datengrundlage konnte hierbei jedoch nicht verfügbar gemacht werden. Grundsätzlich wurde der Einfluss von Variationen der Umlaufzahlen in einer Sensitivitätsanalyse untersucht. An den grundsätzlichen Aussagen ändert sich hierbei nichts: Eine Steigerung von Umlaufzahlen

trägt zur Verbesserung der ökologischen Performance bei; aufgrund der weiteren Optimierungen, welche ggf. an der Verpackung und im Hintergrundsystem erfolgen, nimmt aber die absolute Bedeutung von Variationen der Umlaufzahlen, sofern sich diese bereits auf einem hohen Niveau befinden, tendenziell ab. Gleichwohl lässt sich aus den Ergebnissen und den durchgeführten Sensitivitätsanalysen ableiten, dass einzelne Systeme mit deutlich niedrigeren Umlaufzahlen dann auch entsprechend mit höheren Umweltwirkungen je Umlauf verbunden sind.

- ▶ Speziell für das Getränkesegment der Säfte und Nektare wurden von verschiedenen Stakeholdern die Annahmen zu den Transportdistanzen kritisch (als zu weit) gesehen. Die getroffene Aussage bzw. Schlussfolgerung, dass in einer Reduktion von Transportdistanzen ein Potenzial zur Reduktion der Umweltwirkungen besteht, bleibt jedoch auch vor diesem Hintergrund bestehen.
- ▶ Tethered Caps wurden bei Glas-Mehrwegflaschen nicht als zukünftige Anpassung untersucht. In Analogie zu den untersuchten Einwegsystemen wäre bei einem zukünftigen Einsatz von Tethered Caps für Mehrwegflaschen davon auszugehen, dass auch hier erhebliche Potenziale zur Reduktion der Umweltwirkungen durch Littering bestehen.

### 6.3.4 PET-Mehrwegflasche

#### PET-Mehrwegflasche

In dieser Verpackungsgruppe wurden zwei Systeme untersucht.

- ▶ LFD 11: 1,0 l im Getränkesegment karbonisierte Getränke
- ▶ LFD 23: 1,0 l im Getränkesegment stille Getränke

Die Ökobilanzierungsergebnisse des PET-Mehrwegsystems zeigen wie bei den Glas-MW-Systemen für die meisten Wirkungskategorien unter den prospektiv getroffenen Annahmen Optimierungspotenziale.

Ausgenommen der verpackungsgruppenübergreifenden Verschlechterung der Kategorie Naturfernepotenzial zeigen die Ergebnisse der PET-Mehrwegflasche für alle untersuchten Wirkungskategorien Optimierungspotenziale für 2030 und deutlicher für 2045. Die berücksichtigten Veränderungen im System der PET-Mehrwegflaschen sind demnach insgesamt als zielführend zu betrachten.

Die größte interne Stellschraube stellt die Umstellung des gesamten Energiebedarfs der Gebindereinigung auf Strom dar. Der Lebenswegabschnitt Abfüllung, welcher für die symmetrischen Szenarien Status quo und 2030 bezüglich der Kategorie Klimawandel (GWP fossil) ergebnisbestimmend ist, wird 2045 von der Herstellung des Verschlusses und des Etiketts überholt. Optimierungen bei diesen Einwegkomponenten innerhalb des Mehrwegsystems wie Steigerung des Einsatz von Sekundärmaterial, Gewichtsreduktion und Einsatz von PtX-Kunststoffen tragen hier zur Reduktion der Umweltwirkungen bei.

Auch die untersuchten Optimierungen im Bereich der Distribution und Re-Distribution (Reduzierung Distanzen, Umstellung auf elektrifizierte LKW) zeigen, dass hierdurch eine relevante Reduktion der Umweltwirkungen erreicht wird.

Die Bedeutung der erreichten Umlaufzahlen bleibt hoch. Perspektivisch (unter Annahme der Umsetzung der anderen betrachteten Optimierungen) reduziert sich dabei das Potenzial weiterer Steigerungen.

**Abbildung 141: Übersicht der Entwicklungen in der Verpackungsgruppe PET-Mehrwegflaschen**

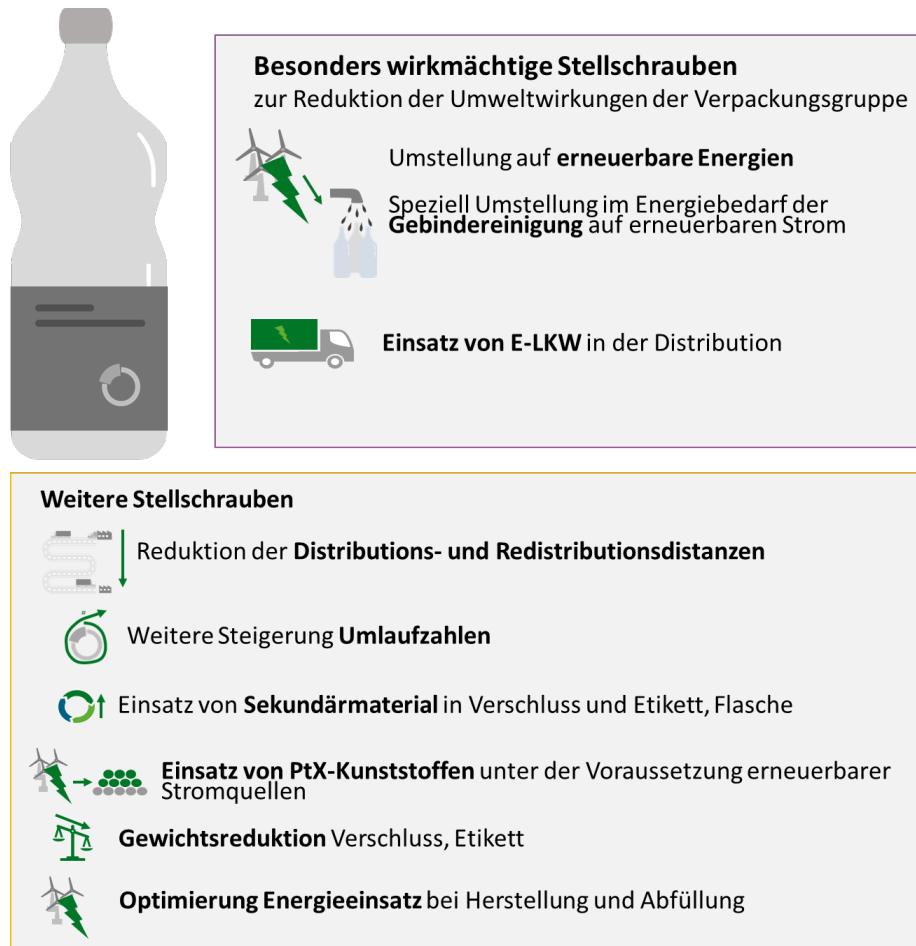
PET-Mehrwegflasche	prospektive Gesamtentwicklung		Optimierungspotenziale	
	2030	2045	2030	2045
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	+	++	interne	+
			externe	+
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	+	+++	interne	+
			externe	++
Naturfernpotenzial NFP	o	--	interne	o
			externe	---
Wasserverbrauch	+	++	interne	+
			externe	+
Klimawandel total	+	+++	interne	+
			externe	++
Klimawandel fossil	+	+++	interne	+
			externe	++
Versauerung	+	++	interne	+
			externe	+
Sommersmog	+	++	interne	+
			externe	+
Stratosphärischer Ozonabbau	+	++	interne	+
			externe	+
aquatische Eutrophierung	+	++	interne	+
			externe	-
terrestrische Eutrophierung	+	++	interne	+
			externe	-
Krebsrisikopotenzial (CRP)	o	+	interne	o
			externe	---
Feinstaub PM2,5	+	++	interne	+
			externe	-
Kunststoffeintrag in die Umwelt	+*	+*	Mikro	+
			Makro	+
Lärmemissionen	+	+	interne	+
			externe	+

Quelle: Eigene Darstellung, WI.

Im Zuge der **Sensitivitätsanalyse** wurde bei den PET-Mehrwegsystemen ebenfalls die Auswirkungen von Variationen in der Umlaufzahl und der Distributionsentfernung auf das Basisszenario (Status quo) untersucht. Die relativen Ergebnisse verlaufen analog zu denen der Sensitivitätsanalysen der Glas-Mehrwegsysteme. Aus diesem Grund werden diese hier mit dem Verweis auf Kapitel 6.3.3 nicht weitergehend erläutert.

Die **Stellschrauben** der PET-Mehrwegflaschen liegen somit insbesondere in den folgenden Bereichen:

**Abbildung 142: Stellschrauben zur Optimierung der PET-Mehrwegflasche**



Quelle: Eigene Darstellung, Ökopol

Bezüglich der Erkenntnisse zur PET-Mehrwegflaschen ist ergänzend Folgendes anzumerken:

- Die auf Basis der Erhebung der Optimierungspotenziale und Diskussion im Begleitkreis untersuchte Steigerung des Rezyklateinsatzes in der PET-Mehrwegflasche von 25% im Status quo auf 40% in 2030 und 60% in 2045 ist deutlich geringer als bei den Einwegflaschen (Erhöhung auf 90% Rezyklateinsatz). Bei einer Erhöhung des Rezyklateinsatzes über 60% hinaus, ist auch bei den PET-Mehrwegflaschen von einer weiteren Reduktion der Umweltwirkungen auszugehen.
- Bei den Mehrwegsystemen wurden keine Anpassungen der Um- und Transportverpackungen bilanziert. Daher kann an dieser Stelle lediglich vermutet werden, dass eine Gewichtsreduktion, sowie auch die Erhöhung der Sekundäranteile eine positive Auswirkung auf die Umweltprofile hätte. Optimierungspotenziale sind in zukünftigen Studien im Bereich

der Um- und Transportverpackungen von Mehrwegsystemen zu untersuchen. Wenn die ergebnisbestimmenden Aspekte sich aus den Bereichen Abfüllung und Distribution unter Umsetzung der Energiewende zunehmend in Richtung der Einwegbestandteile und Um- und Transportverpackungen von Mehrwegsystemen verschieben, erhält dieser Aspekt eine steigende Relevanz.

- ▶ Tethered Caps wurden bei PET-Mehrwegflaschen nicht als zukünftige Anpassung untersucht. In Analogie zu den untersuchten Einwegsystemen wäre bei einem zukünftigen Einsatz von Tethered Caps für Mehrwegflaschen davon auszugehen, dass auch hier erhebliche Potenziale zur Reduktion der Umweltwirkungen durch Littering bestehen.
- ▶ Die Bedeutung von Gewichtsreduktionen und Erhöhung des Sekundäranteils im Primärkörper nimmt mit steigender Umlaufzahl ab. Insbesondere in Bezug auf die Energieeffizienz von Transporten der Distribution und Redistribution bleibt die Gewichtsreduktion ein relevanter Faktor.

### 6.3.5 Getränkeverbundkarton

#### Getränkeverbundkarton

In dieser Verpackungsgruppe wurden zwei Systeme untersucht.

- ▶ LFD 16: 1,0 l im Getränkesegment stille Getränke
- ▶ LFD 25: 1,0 l im Getränkesegment Säfte und Nektare

In den Ökobilanzierungsergebnissen für die Verpackungsgruppe Getränkeverbundkarton fallen in einigen Wirkungskategorien Entwicklungen auf, welche überdurchschnittlich hohe Abweichungen zum Bezugsszenario darstellen. Die prospektiven Ergebnisse im Szenario 45-45 für die Kategorien Naturfernpotenzial, aquatische Eutrophierung und KRA liegen um mehrere 100 % höher als das Bezugsszenario SQ-30. Die Kategorie Klimawandel total hingegen erreicht hoch negative Werte. Nennenswerte Optimierungen sind ausschließlich bei den Kategorien KEA nicht erneuerbar, Klimawandel (fossil und total), Wasserverbrauch und Krebsrisikopotenzial (CRP) zu erkennen.

Abbildung 143: Übersicht der Entwicklungen in der Verpackungsgruppe Getränkeverbundkartons

Getränkeverbundkarton	prospektive Gesamtentwicklung		Optimierungspotenziale		
	2030	2045		2030	2045
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch)	+	---	interne	+	+
			externe		---
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch	+	+++	interne	+	o
			externe		++
Naturfernpotenzial NFP	o	---	interne	o	++
			externe		---
Wasserverbrauch	o	++	interne	o	+
			externe		++
Klimawandel total	++	+++	interne	++	-
			externe		+++
Klimawandel fossil	+	++	interne	+	o
			externe		++
Versauerung	+	+	interne	+	+
			externe		o
Sommersmog	+	+	interne	+	+
			externe		-
Stratosphärischer Ozonabbau	+	o	interne	+	+
			externe		-
aquatische Eutrophierung	-	---	interne	-	+
			externe		---
terrestrische Eutrophierung	+	o	interne	+	+
			externe		-
Krebsrisikopotenzial (CRP)	++	++	interne	++	+
			externe		-
Feinstaub PM2,5	+	+	interne	+	+
			externe		-
Kunststoffeintrag in die Umwelt	+*	+*	Mikro	+	+
			Makro	+*	+
Lärmemissionen	+	+	interne	+	+
			externe		o

Quelle: Eigene Darstellung, WI.

Der Anstieg des **Naturfernpotenzials** ist keine Besonderheit des Getränkeverbundkartons, sondern bei allen untersuchten Verpackungssystemen festzustellen. Auf die grundlegenden Ursachen dieser Entwicklung wurde daher bereits in Kapitel 3 eingegangen. Beim

Getränkeverbundkarton kommt jedoch ein weiterer Aspekt hinzu, da es sich um das einzige System handelt, welches in der Primärverpackung nachwachsende Rohstoffe einsetzt (Rohkarton). Durch die Erhöhung des Recyclinganteils in Papiererzeugnissen geht in der Regel eine Erhöhung des Energiebedarfes einher. Bei der Herstellung von primären Papiererzeugnissen fallen Ablaugen an, die direkt thermisch verwertet werden und somit einen Teil der benötigten Energie für den Papierherstellungsprozess liefern. Bei der Erhöhung des Recyclinganteils muss somit mehr Energie aus externen Quellen bezogen werden, was sich bei Energie aus erneuerbaren Quellen auf das NFP erhöhend auswirkt.

Auch die Ergebnisse in der Kategorie **aquatische Eutrophierung** finden eine Ursache in dem erhöhten Recyclinganteil im Rohkarton. Durch die Reinigungsprozesse bei der Herstellung von Papiererzeugnissen aus Altpapier fallen höhere Mengen an verunreinigtem Abwasser an, als es bei der primären Herstellung der Fall ist. Dieser Effekt zeigt sich bei allen Verpackungssystemen im Bereich der Um- und Transportverpackung, da hier in der Regel ebenfalls viele Papiererzeugnisse eingesetzt werden. Beim Getränkeverbundkarton kommt zusätzlich der Anteil an der Primärverpackung hinzu, was in der sektoralen Auswertung der aquatischen Eutrophierung auch sichtbar wird (siehe Kapitel 5.4.1).

Im Hinblick auf die sehr deutliche Erhöhung des **priorisierten KRA** bis 2045 zeigt sich, dass diese ausschließlich aus den Veränderungen der Rahmenbedingungen im Szenario 2045 resultieren, während die internen Veränderungen beider prospektiver Szenarien geringe Verbesserungen in dieser Kategorie verursachen.

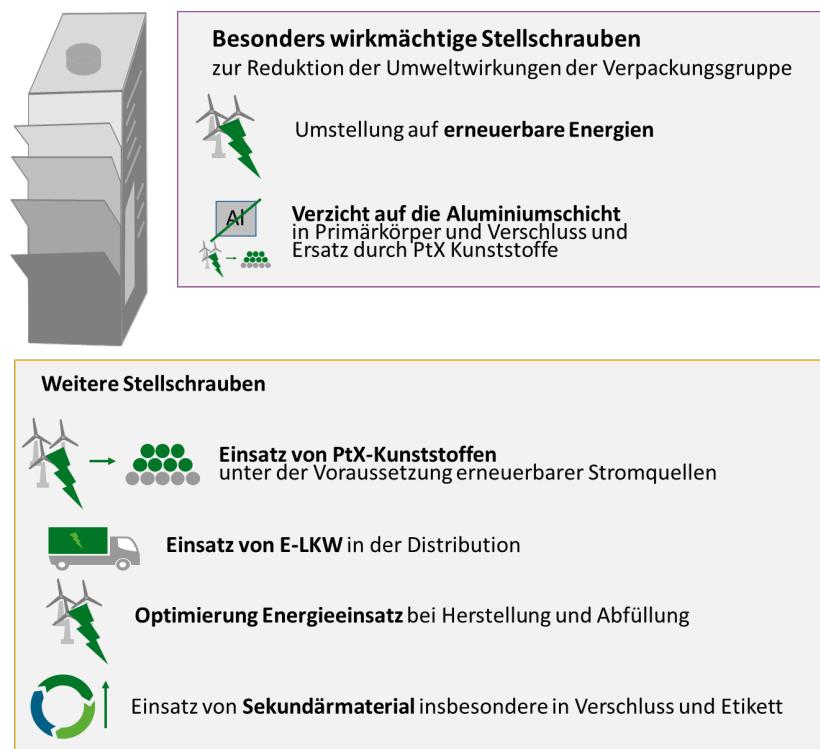
Die Ergebnisse im Bereich **Klimawandel (fossil)** werden im Status quo und im 2030 Szenario besonders durch die Lebenswegabschnitte Primärverpackungsherstellung (Aluminium, Kunststoff und Rohkarton) und Verwertung bestimmt. Die deutlichen internen Einsparungen für das Jahr 2030 resultieren aus dem Verzicht auf die Aluminiumschicht im Verbund sowie im Verschluss, die durch PtX Kunststoffe (EVOH) ersetzt werden. Weitere Einsparpotenziale ergeben sich aus der Erhöhung des Einsatzes von Sekundärmaterial in Verschluss und Etikett, dem Einsatz von PtX-Kunststoffen im Verpackungskörper und dem Einsatz elektrifizierter LKW in der Distribution.

Die Auffälligkeiten in den Ergebnissen der Kategorie **Klimawandel (total)** entstehen hauptsächlich durch die Berechnungsmethodik, insbesondere durch die Kombination aus dem rechnerischen Umgang mit inkorporiertem Kohlenstoff im Rohkartonanteil und der 50%-igen Allokation am Ende des Lebensweges der Verpackungssysteme.

Im Rahmen der **Sensitivitätsanalyse** wurden mithilfe von Systemvarianten die Einflüsse von biobasierten Kunststoffen sowie Kunststoffen aus dem chemischen Recycling im symmetrischen Szenario des Status quo untersucht. Das chemische Recycling zeigt keine nennenswerten Vor- oder Nachteile gegenüber dem Basisszenario. Trotz, dass der Recyclinganteil in dieser Variante erhöht ist, ist der Energieverbrauch im chemischen Recycling von Kunststoffen offenbar bisher zu hoch, um eine Verbesserung des Umweltwirkungsprofils der Getränkeverbundkartons zu erreichen. Die Ergebnisse für die Variante mit biobasierten Kunststoffen zeigen nennenswerte Verbesserungen gegenüber der Basisvariante in den Wirkungskategorien KRA, KEA nicht erneuerbar, Klimawandel (total deutlich mehr als fossil) und aquatische Eutrophierung. Nachteile sind in keiner Kategorie festzustellen. Basierend auf den Ergebnissen der Ökobilanzierung wäre die Umstellung auf biobasierte Kunststoffe demnach eine weitere interne Optimierungsmöglichkeit für den Getränkeverbundkarton – zumindest bezogen auf den Status quo.

Die **Stellschrauben** der Getränkeverbundkartons liegen somit insbesondere in den folgenden Bereichen:

**Abbildung 144: Stellschrauben zur zukünftigen Optimierung von Getränkeverbundkartons**



Quelle: Eigene Darstellung, Ökopol

Bezüglich der Erkenntnisse zu Getränkeverbundkartons ist ergänzend Folgendes zu beachten:

- ▶ Die verwendete Allokationsmethode (50:50-Allokation, vgl. Kapitel 3) führt in Kombination mit dem Umgang mit inkorporiertem Kohlenstoff in Papierprodukten dazu, dass die Kohlenstoffbilanz nicht geschlossen ist. Diese Problematik und die Begründung für dieses Vorgehen wurden in Kapitel 3 bereits erläutert. Bei der Auswertung der Ergebnisse muss dieser Aspekt berücksichtigt werden. Das bedeutet, dass die Aussagekraft im totalen Treibhausgaspotenzial der Getränkeverbundkartonsysteme eingeschränkt ist.
- ▶ Von Mitgliedern des Begleitkreises wurde die Annahme der Verwendung von Holz aus nachhaltiger Waldwirtschaft bei der Herstellung von Getränkekartons kritisch gesehen. Auf vielen Getränkekartons würde das sogenannte FSC-Mix Label verwendet, bei welchen nur 70 Prozent des verarbeiteten Holzes den FSC-Kriterien entsprächen. Inwieweit eine Verwendung von Holz aus nicht-nachhaltiger Waldwirtschaft jedoch die Ökobilanzergebnisse beeinflussen würde, bleibt unklar, da hierfür eine entsprechende Datengrundlage fehlt.

### Nachhaltige Fortwirtschaft in Ökobilanzen

Die Bewertung der Landnutzung in Ökobilanzen war und ist Gegenstand wissenschaftlicher Diskussionen. Ein seit vielen Jahren bewährter Ansatz ist die Klassifizierung der Flächennutzung in sieben Hemerobieklassen. Die Einordnung in Hemerobieklassen zeigt das Maß der menschlichen Eingriffsstärke auf einen Naturraum bzw. eine Fläche mit dem Schutzgut „Selbstregulationsfähigkeit von Ökosystemen aufgrund des aktuellen Standortpotenzials“. Hemerobiekasse I spielt hierbei keine Rolle, weil sie per Definition keine Nutzung zulässt. Die Einordnung der Landnutzungen erstreckt sich dementsprechend zwischen dem höchsten (Hemerobiekasse VII) und dem geringsten Maß an menschlicher Eingriffsintensität

(Hemerobiekategorie II). Der Hemerobiekategorieansatz ist für jede Flächennutzung in Ökobilanzen anwendbar. Die Zuordnung erfolgt sowohl für Wald- und Forstsysteme (Kategorie II bis V) als auch für Agrarsysteme (Kategorie III bis VI) nach einem differenziert ausgearbeiteten Kriterienkatalog.

Die absolute Mehrheit der Flächennutzungen für die Holzrohstoffe des LPB sind den Hemerobieklassen III bis V zuzuordnen. Holz und Zellstoff werden somit aus anthropogen überprägten Nutzwäldern mit erheblicher Eingriffsstärke entnommen. In neueren Ökobilanzen werden die Hemerobieklassen zu einem Naturfernenpotenzial gewichtet. Je geringer die Hemerobiekategorie ist, in der die Flächennutzung stattfindet, desto geringer ist die ökologische Kritikalität.

Das Konzept der Hemerobieklassen ist nicht deckungsgleich mit den Faktoren, die heute als Maßstab für die nachhaltige Forstwirtschaft herangezogen werden. Es gibt derzeit zwei Organisationen zur Zertifizierung einer nachhaltigen Forstwirtschaft: das Forest Stewardship Council" (FSC) und das „Programme for the Endorsement of Forest Certification“ (PEFC). Anbieter, die ihre Produkte einer Zertifizierung unterziehen, sind berechtigt die Siegel zu führen. Dabei wird stets die gesamte Wertschöpfungskette in den Blick genommen. Die Unterschiede zwischen den beiden Organisationen und Siegeln liegen im Detail. Beiden gemeinsam ist das Grundprinzip der nachhaltigen Forstwirtschaft, in dem pro Jahr nicht mehr Holz dem Wald entnommen wird, als in einem Jahr auch wieder nachwächst.

Für die Erstellung eines Ökobilanzinventars der Forstwirtschaft haben die Anforderungen der beiden Siegel nur begrenzten Mehrwert. Der größte Anteil, der im LPB-Datensatz dokumentierten Umweltlasten aus der Waldbewirtschaftung, resultiert aus dem Einsatz der Forstmaschinen und diese werden bei jeglicher Form der kommerziellen Waldnutzung eingesetzt. Eine Abbildung der Mehrwerte der zertifiziert nachhaltigen Waldnutzung auch in Ökobilanzinventaren ist derzeit Gegenstand wissenschaftlicher Forschungsarbeiten; deren Ergebnisse nicht verfügbar und derzeit noch nicht publiziert sind.

Der Passus zur nachhaltigen Forstwirtschaft in der FKN-Ökobilanz 2020 und ähnlichen Publikationen beruft sich somit lediglich auf das ursprüngliche Prinzip der nachhaltigen Forstwirtschaft, dass die Waldnutzung nicht dissipativ sein darf. Da eine Ökobilanz nicht flächenscharf arbeitet, kann die Beurteilung der Waldnutzung nur auf der Ebene geografischer Regionen erfolgen und nicht für spezifische Waldstücke.

## 6.4 Schlussfolgerungen und Handlungsoptionen

Generell weisen wie beschrieben alle Verpackungssysteme in den meisten Wirkungskategorien Reduktionspotenziale auf; die deutlichsten Reduktionen sind beim Treibhauspotenzial und dem KEA fossil festzustellen; auch die weiteren Wirkungskategorien auf Basis luftgetragener Schadstoffe und der KRA zeigen Reduktionen, wenn auch nicht im gleichen Maße.

Mit Fokus auf diese Umweltwirkungen wurden in den vorherigen Abschnitten die zentralen Stellschrauben für die verschiedenen Verpackungsgruppen benannt und bewertet. Diese Erkenntnisse werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt und ergänzend zu den verbal-argumentativen Ausführungen mit einer Skalierung der Wirksamkeit in „gering“, „mittel“ oder „hoch“ belegt. Dies geschieht wie bereits unter 6.3 ausgeführt auf Basis der gemeinsamen Betrachtung der Erkenntnisse von Sachbilanz und Wirkungsabschätzung unter Rückgriff auf die Expertise der Autorinnen und Autoren. Fokus bei der Beurteilung ist die Zeitachse vom derzeitigen Status quo (ermittelt im AP 2) bis 2045. Eine Hinterlegung mit dezidierten

Minderungspotenzialen in Prozent ist auf Basis der Ergebnisse der Wirkungsabschätzung zudem nicht ohne Weiteres möglich (da nur kombinierte Szenarien gerechnet wurden).

Für die Wirkungskategorien, die weniger klare Entwicklungen zeigen, wie die aquatische Eutrophierung, das Naturfernenpotenzial, Kunststoffeinträge und Lärmemissionen sei auf die vorherigen Ausführungen, insbesondere Abschnitt 6.2.1, verwiesen. Betont sei an dieser Stelle aber noch mal, dass in der Zusammenschau der Ergebnisse es deutlich wird, dass es zu Verlagerungseffekten kommt – weg von den luftgetragenen Schadstoffen inkl. THG hin zu Flächennutzungskonkurrenzen und Naturfernenpotenzial.

Ergänzend sei an dieser Stelle auf die Erkenntnisse aus der zusätzlichen Betrachtung des Füllgutes (Abschnitt 5.4.7) hingewiesen. Hier hat sich gezeigt, dass bei Berücksichtigung des Füllgutes die Distribution auch prospektiv bis 2030 für alle untersuchten Verpackungsgruppen relevant bleibt und die Emissionen sich hier erst mit der bilanzierten vollständigen Elektrifizierung des Verkehrs in 2045 nennenswert reduzieren. Dies zeigt ergänzend das Potenzial regionaler Bezugsquellen und möglichst kurzer Transportwege im Hinblick auf eine Reduzierung der durch die Distribution verursachten Umweltwirkungen.

### **Verringerung der Stoffströme**

Es zeigt sich bei der zusammenfassenden Betrachtung, dass Optimierungen, die den Stofffluss reduzieren (Gewichtsreduktion, siehe Abbildung 145, Sekundärmaterialeinsatz, siehe Abbildung 146, und Erhöhung der Umlaufzahlen, siehe Abbildung 145) allgemein ein hohes Potenzial für die Reduktion der Umweltwirkung von Getränkeverpackungen in allen bilanzierten Umweltwirkungskategorien aufweisen. Die errechnete Wirkung bis zum Jahr 2045 wird maßgeblich vom Grad der Optimierung im Status quo bestimmt.

Reduzierte Bedarfe an Primär- und Sekundärmaterial führen zu geringeren Umweltlasten der Materialherstellung/-bereitstellung. Zudem führen leichtere Verpackungen zu geringerem Energieverbrauch bei Herstellung, Transport und Entsorgung. Das heißt für die Hersteller, dass Verpackungsgewichte minimiert werden sollten. Befördert werden kann dies durch von der Politik geschaffene Anreize zur Materialreduktion. Zu beachten ist, dass für die Getränkendose und den GVK kaum weitere Potenziale zur Reduzierung des Gewichts des Primärkörpers bestehen, wie im Rahmen der Datenerhebung festgestellt wurde.

Die Substitution von (fossilen) primären Materialien durch Sekundärrohstoffe mit dem Ziel der Einsparung von primären Rohstoffen bleibt ein wesentliches Optimierungspotenzial für alle Einwegverpackungsbestandteile in allen Getränkeverpackungssystemen. Der Einsatz von Sekundärmaterial bedarf dabei einer aktiven Steuerung. Hersteller müssen das Sekundärmaterial einsetzen, Recycler müssen die notwendigen Qualitäten liefern. Die Entwicklung sollte durch entsprechende politische Rahmensetzungen unterstützt werden. Für die Aluminiumgetränkendose wurden auf Basis der Datenerhebung bereits hohe Sekundärmaterialquoten bilanziert, daher kann nur noch eine geringe Optimierung bis zum Jahr 2045 erfolgen – anders bei den PET-Einweggebindebinden<sup>34</sup>. Hier liegt der durchschnittliche rPET-Anteil im Status quo bei 35%, die Optimierung hin zu einer deutlich verstärkten Kreislaufführung zeigt ein entsprechend großes Optimierungspotenzial.

Eine weitere materialseitige Optimierungsmöglichkeit besteht im Einsatz von PtX-Kunststoffen. Der strombasierte Feedstock bei der Kunststoffproduktion in 2045 verändert die Umweltbewertung der Kunststoffe maßgeblich. Wenn diese Entwicklung eintritt, geht die Produktion und (immer im System anteilig berücksichtigt) die finale energetische Verwertung

---

<sup>34</sup> Auch bei PET-Mehrwegflaschen besteht das Potenzial den Rezyklateinsatz deutlich zu erhöhen; auf Basis der Datenerhebung wurde hier eine Steigerung von 25% auf 60% untersucht; vgl. Ausführungen in Abschnitt 6.3.4.

von Kunststoffen zwar mit hohen Energieverbräuchen, aber nicht mehr mit hohen THG-Belastungen einher. Um entsprechende Entwicklungen anzustoßen, braucht es neben einer politischen Rahmensetzung Unternehmen, die aktiv diese Materialien nachfragen und einsetzen. Ein Potenzial zeigt sich hier insbesondere bei Etiketten und Verschlüssen, wo auch perspektivisch durch einen Ersatz von Primärmaterial eine Reduktion der Umweltwirkungen erreicht werden kann.

Bei den Mehrwegsystemen bleibt eine hohe Umlaufzahl weiterhin wichtig. Mit steigender Umlaufhäufigkeit reduziert sich der Bedarf an Neuflaschen und damit die mit der Herstellung der Gebinde einhergehenden Umweltlasten. Optimierungen müssen hier auf eine Stabilisierung der hohen Umlaufzahlen abstellen bzw. bei weniger gut entwickelten Mehrwegsystemen die Umlaufzahlen langfristig und signifikant erhöhen. Als geeignet erscheinen alle Maßnahmen der Hersteller, die den Pool stabilisieren und den Tausch der Gebinde vereinfachen.

Für die Mehrweg-Systeme wurden im Rahmen der Bilanzierung Umlaufzahlen angenommen, die mögliche untere Randbereiche nicht vollständig abdecken. Daher erscheint das Optimierungspotenzial hier ggf. geringer als es für einzelne derzeit nicht optimal eingestellte Mehrweggebinde der Fall sein mag. Hinsichtlich der Substitution von (fossilen) Primärmaterialien gilt im Prinzip das gleiche wie für die Einweggebinde, nur dass hier die Potenziale geringer ausfallen. Der Einsatz von r-PET kann wesentlich erhöht und die Umweltbelastungen dadurch verringert werden. Auch wenn aufgrund der vielen Umläufe, die mit der Gebindeherstellung verbundenen Belastungen einen geringeren Einfluss auf das Ergebnis haben als bei Einwegsystemen, stellen auch hier die Schließung der Stoffkreisläufe und der Einsatz von PtX-Kunststoffen Optimierungsansätze dar.

**Abbildung 145: Zusammenfassung der Stellschrauben zur Gewichtsreduktion, ihrer Wirkung auf die Systeme und resultierender Optimierungsoptionen**

Stellschraube	Wirkt auf	Wirkt in (System):					Zu beobachtende Auswirkung auf die Umweltwirkungen	Konkrete Optimierungsoptionen
		Alu-Dose	PET-EW	Glas-MW	PET-MW	GVK		
Weitere Reduktion <b>Gewicht P-Körper</b>	Materialbedarf und Materialfluss	<b>Gering</b> da bereits in SQ weitgehend optimiert	<b>Hoch</b> da in SQ noch großes Potenzial	<b>Gering</b> da der Faktor Gewicht von der ULZ überlagert wird		<b>Gering</b> da Gewicht bereits in SQ weitgehend optimiert	<b>Geringe Verpackungsgewichte zur Reduktion der Umweltlasten der Verpackungen bleiben bis 2045 wichtig!</b>	<b>Hersteller:</b> Gewichte aller Verpackungskomponenten konsequent reduzieren  <b>Politik:</b> Anreize für Materialreduktion schaffen
Weitere Reduktion <b>Gewicht</b> Verschluss und Etikett	Materialbedarf und Materialfluss	<b>Gering</b> da kein Etikett und Dosendeckel kaum Gewichtsreduktion erfährt		<b>Mittel</b> da in den SQ-Spezifikationen noch großes Optimierungspotenzial besteht.		<b>Gering</b> da bereits in SQ weitgehend optimiert	Reduzierter Bedarf an Primär- und Sekundärmaterial führen zu geringeren Umweltlasten der Materialherstellung/-bereitstellung Zudem führen leichtere Verpackungen zu geringerem Energieverbrauch bei Herstellung, Transport und Entsorgung.	
Weitere Reduktion <b>Gewicht</b> Um- und Transportverpackung	Materialbedarf und Materialfluss	<b>Mittel</b> da die eingesetzte Wellpappe generell eher geringe Umweltlasten zeigt (Ausnahme Fläche und aq. Eutrophierung)	<b>Gering</b> da in der Gesamtbilanz nur geringer Einfluss	Keine Optimierungen bilanziert		<b>Gering</b> da die eingesetzte Wellpappe generell eher geringe Umweltlasten zeigt (Ausnahme Fläche und aq. Eutrophierung)		
Weitere Steigerung <b>Umlaufzahl</b>	Materialbedarf	Keine Optimierungen bilanziert		<b>Mittel</b> da bereits in SQ hohe ULZ angenommen werden	Keine Optimierungen bilanziert		<b>Eine hohe Umlaufhäufigkeit bleibt weiterhin wichtig!</b> Mit steigender Umlaufhäufigkeit reduziert sich der Bedarf an Neuflaschen und damit die mit der Herstellung der Gebinde einhergehenden Umweltlasten	<b>Hersteller, Handel:</b> Stabilisierung der hohen Umlaufzahlen/ Erhöhung der Umlaufzahlen (Pool stabilisieren, Gebindetausch vereinfachen)

Quelle: Eigene Darstellung; ifeu, Ökopol, WI, GVM.

**Abbildung 146: Zusammenfassung der Stellschrauben zum Sekundärmaterialeinsatz, ihrer Wirkung auf die Systeme und resultierender Optimierungsoptionen**

Stellschraube	Wirkt auf	Wirkt in (System):					Zu beobachtende Auswirkung auf die Umweltwirkungen	Konkrete Optimierungsoptionen
		Alu-Dose	PET-EW	Glas-MW	PET-MW	GVK		
Erhöhung Einsatz von Sekundärmaterial im P-Körper	Bedarf an Primärmaterial	Mittel da Potenziale bereits teilweise ausgeschöpft	Hoch da in SQ noch großes Potenzial	Mittel da der Faktor Sekundärmaterialeinsatz von der ULZ überlagert wird		Gering da bereits in SQ weitestgehend optimiert		
Erhöhung Einsatz von Sekundärmaterial in Verschluss und Etikett	Bedarf an Primärmaterial	Gering da kein Etikett und im auch 2045 Dosendeckel kaum Sekundärmaterial eingesetzt wird		Mittel da in den SQ-Spezifikationen noch großes Optimierungspotenzial besteht, dass bis 2045 auch noch nicht vollständig gehoben wird. Das Potenzial bei den Mehwegsystemen ist dabei noch höher als bei den Einwegsystemen.			Der Ersatz von (fossilen) primären Materialien durch Sekundärrohstoffe reduziert Umweltlasten – auch 2045! Die Einsparung von primären Rohstoffen bleibt ein wesentliches Optimierungspotenzial für alle Einwegverpackungsbestandteile in allen Getränkeverpackungssystemen	Hersteller müssen das Sekundärmaterial einsetzen, Recycler müssen die notwendigen Qualitäten liefern, Politik muss Anreize schaffen.
Erhöhung Einsatz von Sekundärmaterial in Um- und Transportverpackung	Bedarf an Primärmaterial	Gering da die eingesetzte Wellpappe bereits hohe Sekundärmaterialeinsatzquoten erreicht	Gering da in der Gesamtbilanz nur geringer Einfluss	Keine Optimierungen bilanziert		Gering da die eingesetzte Wellpappe bereits hohe Sekundärmaterialeinsatzquoten erreicht		
Einsatz von PtX Kunststoffen	Verringerung Verbrauch fossiler Ressourcen	Gering da nur wenig Kunststoff im System Verwendung findet	Mittel da bis zum Jahr 2045 noch immer ein großer Teil der Verschlüsse und Etiketten aus primären KS bestehen	Gering da im System nur ein Teil der EW-Verschlüsse aus Kunststoff sind	Mittel da bis zum Jahr 2045 noch immer ein großer Teil der Verschlüsse und Etiketten aus primären KS bestehen	Mittel da bis zum Jahr 2045 noch immer ein großer Teil der Verschlüsse und Barrièreschichten aus primären KS bestehen	Hoch Verzicht auf Aluminiumschicht und Ersatz durch PtX EVOH führt zu deutlichen Verbesserungen	Der strombasierte Feedstock bei der Kunststoffproduktion in 2045 verändert die Umweltbewertung der Kunststoffe maßgeblich! Produktion und finale energetische Verwertung von Kunststoffen geht nicht mehr mit hohen THG-Potenzialen einher.  Unternehmen: Nachfrage und Anwendung Politik: Rahmensetzung

Quelle: Eigene Darstellung; ifeu, Ökopol, WI, GVM.

### **Reduzierung des Energieflusses**

Es zeigt sich, dass das Fortschreiten der Energiewende bis 2045 sich vor allem für Material-, energie- und transportintensive Verpackungssysteme besonders positiv auszahlt. Der Abtausch fossiler Rohstoffe wirkt in allen Systemen positiv auf die Mehrheit der bilanzierten Wirkungskategorien. Die Ergebnisse zeigen, dass für die Minderung der Belastungen dieser Pfad konsequent befolgt werden muss. Das der Bilanzierung zu Grunde liegende Szenario GreenSupreme ist ambitioniert. Insbesondere die Akteure in der Wertschöpfungskette der Getränkeverpackungen müssen aktive Schritte einleiten und bspw. über den gesetzlich geforderten Stand hinaus Optimierungen umsetzen. Unterstützt werden kann die Entwicklung durch weitere ambitionierte Rahmensetzungen.

Es zeigt sich weiterhin bei der zusammenfassenden Betrachtung, dass Optimierungen, die den Energiefluss reduzieren (Effizienzpotenziale bei der Produktion und Abfüllung der Verpackung sowie der Gebindereinigung) bei den Verpackungen ein hohes Optimierungspotenzial haben, die besonders von den Produktions- und Wiederaufbereitungsprozessen beeinflusst werden. Dies sind insbesondere die Mehrweggebinde und dort insbesondere die Reinigung der Gebinde.

Der Abtausch fossiler Brennstoffe hin zu einer grünstrombasierten Wärmeversorgung mittels Wärmepumpentechnologie ist das mit Abstand größte bilanzierte Einzelpotenzial in der gesamten Studie und kann somit als wesentlicher Einflussfaktor für die zukünftige Bewertung von Mehrwegverpackungen gelten.

Der thermische Energiebedarf für das Spülen der Glas- und PET-Mehrwegflaschen ist im Status quo einer der Haupttreiber von deren Bilanz. Die Bilanzierung der 30-30 Szenarien implementiert die Wärmeerzeugung auf Basis elektrischer Energie (Wärmepumpe) anstatt einer on-site Feuerung in die Systeme. In Verbindung mit den Energieeffizienzpotenzialen sowie dem Strom aus mehrheitlich erneuerbaren Quellen sinken die mit dem Lebenswegabschnitt der Gebindereinigung verbundenen Emissionen sehr deutlich. Akteur der Umsetzung sind die Abfüller, , Unterstützt werden könnte die Entwicklung bspw. in Form eines Anreizprogramms für getränkeabfüllende Betriebe oder durch andere regulative Rahmung.

Ohne diese Optimierung werden sich zukünftig kaum mehr ökobilanzielle Vorteile dieser Verpackungssysteme realisieren lassen. Aber auch die Reduktion der Energieverbräuche bei den Herstellungsprozessen der Einwegkomponenten sind für alle Getränkeverpackungssysteme von hoher Relevanz. Die Realisierung von Energieeffizienzpotenzialen bis 2030/45 ist ein wichtiger Baustein bei der Optimierung aller betrachteten Verpackungssysteme. Auch wenn der ab 2030 mehrheitlich aus erneuerbaren Quellen erzeugte Strom deutlich reduzierte Umweltwirkungen aufweist, zeigt die Bilanzierung, dass mit der Reduktion der Energieverbrauchsdaten ein sichtbarer Umwelteffekt einhergeht. Die wesentlichen Energieeffizienzpotenziale können nur seitens der Hersteller realisiert werden. Um die Energieeffizienzpotenziale besser heben zu können, könnten zur Unterstützung Anreize geschaffen und Fördermittel für die Umsetzung bereitgestellt werden.

**Abbildung 147: Zusammenfassung der Stellschrauben zu Energieeinsatz und -erzeugung, ihrer Wirkung auf die Systeme und resultierender Optimierungsoptionen**

Stellschraube	Wirkt auf	Wirkt in (System):					Zu beobachtende Auswirkung auf die Umweltwirkungen	Konkrete Optimierungsoptionen
		Alu-Dose	PET-EW	Glas-MW	PET-MW	GVK		
Optimierung <b>Energieeinsatz</b> bei der Herstellung und Abfüllung der Gebinde	Energiebedarf (mehrheitlich Strom)	<b>Mittel</b> Der Energiebedarf ist ein wesentlicher Treiber des Lebenswegabschnittes „Herstellung der Verpackung“ und ist insbesondere für alle Einwegverpackungskomponenten relevant. Die Gesamtbedeutung des Lebenswegabschnittes nimmt bis 2045 zu.					<b>Die Realisierung von Energieeffizienzpotenzialen bis 2030/45 ist ein wichtiger Baustein bei der Optimierung aller Verpackungssysteme!</b> Mit der Reduktion der Energieverbrauchsdaten geht ein sichtbarer Umwelteffekt einher.	<b>Hersteller:</b> Realisierung der Energieeffizienzpotenziale  <b>Politik:</b> Anreize, Fördermittel bereitstellen
Optimierung <b>Energieeinsatz</b> bei der Gebindereinigung	Energiebedarf (mehrheitlich Wärmeenergie)	Keine Optimierungen bilanziert		<b>Hoch</b> Da größte Stellschraube für PET MW, relevant für Glas MW		Keine Optimierungen bilanziert	<b>Die Umstellung der Wärmeerzeugung auf Grünstrom ist der größte Hebel in der Bilanz der MW-Systeme!</b> In Verbindung mit den Energieeffizienzpotenzialen sowie dem Strom aus mehrheitlich erneuerbaren Quellen sinken die Emissionen der Gebindereinigung sehr deutlich.	<b>Abfüller:</b> Optimierung umsetzen  <b>Politik:</b> Rahmung/Anreize schaffen
Umwstellung auf erneuerbare Energien	Reduktion von THG und Luftschadstoffen, Verringerung Verbrauch fossiler Ressourcen	<b>Hoch</b> da derzeit alle Systeme fossile Rohstoffe in Form von Strom oder als Treibstoff oder als Rohstoff für die Kunststoffproduktion nutzen					<b>Das Fortschreiten der Energiewende bis 2045 wirkt sich vor allem für material-, energie- und transportintensive Verpackungssysteme positiv aus!</b> Der Abtausch fossiler Rohstoffe wirkt in allen Systemen positiv auf die Mehrheit der bilanzierten Wirkungskategorien.	<b>Akteure in der Wertschöpfungskette:</b> müssen aktive Schritte einleiten Optimierungen umsetzen.  <b>Politik:</b> Ausstieg aus den fossilen Rohstoffen ist zwar grundsätzlich politisch beschlossen; es bedarf aber weiterer politischer Rahmenvorgaben um Realität zu werden.

Quelle: Eigene Darstellung; ifeu, Ökopol, WI, GVM.

### **Lenkung des Stoffflusses**

Es ist zu beobachten, dass Optimierungen, die den Stofffluss lenken (Distribution und Verwertungszuführung) in der Regel ein eher geringeres Optimierungspotenzial aufweisen.

Wesentlich für die Bewertung sind die Verpackungsgewichte als bestimmende Größe des Referenzflusses, der die Energieverbräuche skaliert (bspw. schwere Verpackungen in der Distribution) – entsprechend fällt das zu beobachtende Potenzial bei Glas-Mehrweggebinden, deren Lasten bis zum Jahr 2030 in großem Umfang von den Lasten der Distribution bestimmt werden, höher aus. In etwas geringerem Maße fallen die Potenziale bei PET-Mehrweg aus, was sich aus den geringeren Verpackungsgewichten ergibt.

Hierzu braucht es Optimierung der Lieferketten hinsichtlich der Liefer- und Verteilfahrten (Vorbeifahrten vermeiden) sowie eine Optimierung der Standorte und Vertriebsstrukturen. Bei der Rückführung von MW-Gebinden können Pooling und frühzeitige Sortierung des Leergutes, um Austauschfahrten zu vermeiden, Ansätze sein, die Re-Distributionsdistanzen zu verringern und Umweltlasten zu reduzieren.

Neben der Reduktion der Distanzen von Distribution und Re-Distribution kann die Abkehr vom Verbrennungsmotor und der Einsatz von elektrifizierten LKW bei allen Verpackungssystemen einen Beitrag zur Optimierung leisten. Die fortschreitende Umstellung auf Elektro-LKW reduziert die Umweltlasten je Transport-km. Die Elektrifizierung des Transportes zeigt bei allen Verpackungssystemen Effekte, wirkt sich vor allem aber bei den transportintensiven (Mehrweg-) Verpackungssystemen positiv aus. Die Umstellung auf vor allem elektrisch angetriebene LKW birgt hier ein hohes Reduktionspotenzial.

Die hier auf Basis des GreenSupreme Szenario angenommene Defossilisierung des Verkehrs bedarf weiterer politischer Rahmensetzung. Aber auch seitens der Akteure der Logistik bedarf es eigenständiger Maßnahmen, die Elektrifizierung des Transportwesens frühzeitig Realität werden zu lassen.

Hohe werkstoffliche Verwertungsquoten sind und bleiben ein wesentlicher Strukturfaktor für die Kreislaufwirtschaft. Hier bewegt sich der Status quo bereits auf hohem Niveau und weitere Steigerungen sind in nur beschränktem Maße möglich. Eine hohe werkstoffliche Verwertung ist dabei aber auch Voraussetzung für einen hohen Rezyklateinsatz. Um hohe Quoten erreichen zu können, müssen hohe Anteile der zur Verwertung erfassten Verpackungen auch zu Sekundärmaterial verarbeitet werden. Ein weiterer Effekt des Recyclings ist zudem die Vermeidung von direkten Emissionen bei der energetischen Verwertung der Verpackungen. Wichtig ist, dass alle Packmittel einem Recycling zugeführt werden. Aktuelle Herausforderungen wie die werkstoffliche Verwertung von Verbundmaterialien bedürfen dabei noch weitere technischer Entwicklung und ökobilanzieller Bewertung.

Seitens der Verwerter ist dafür sicherzustellen, dass die erfassten Verpackungen auch ein werkstoffliches Recycling erfahren. Dabei geht es auch darum, derzeitige technologische „Flaschenhälse“ aufzulösen. Zudem gilt es – idealerweise mit entsprechender politischer/regulativer Rahmung, die ökonomische Attraktivität der energetischen Verwertung zu verringern.

**Abbildung 148: Zusammenfassung der Stellschrauben zu Distributionsdistanzen, Einsatz von E-LKW und Zuführung zur Verwertung, ihrer Wirkung auf die Systeme und resultierender Optimierungsoptionen**

Stellschraube	Wirkt auf	Wirkt in (System):					Zu beobachtende Auswirkung auf die Umweltwirkungen	Konkrete Optimierungsoptionen
		Alu-Dose	PET-EW	Glas-MW	PET-MW	GVK		
Distanzen Distribution	LKW-Emissionen	Gering da in der Gesamtbilanz nur geringer Einfluss	Gering da in der Gesamtbilanz nur geringer Einfluss	Hoch da die Beiträge der Distribution ein sehr relevanter Treiber der ÖB sind	Mittel da die Beiträge der Distribution einer der wesentlichen Treiber der ÖB sind	Gering da in der Gesamtbilanz nur geringer Einfluss	Eine Reduktion der Distributionsdistanzen führt zu geringeren Umweltwirkungen – auch bei E-LKW in 2045! Insbesondere für die MW-Systeme, deren Lasten bis zum Jahr 2030 in großem Umfang von den Lasten der Distribution bestimmt werden.	Handel: Optimierung der Lieferketten hinsichtlich der Liefer- und Verteilfahrten, Optimierung der Standorte und Vertriebsstrukturen.
Distanzen Redistribution	LKW-Emissionen	Keine Optimierungen bilanziert		Hoch da die Beiträge der Redistribution ein sehr relevanter Treiber der ÖB sind	Mittel da die Beiträge der Redistribution einer der wesentlichen Treiber der ÖB sind	Keine Optimierungen bilanziert	Eine Optimierung der Redistribution hat positive Umwelteffekte! Bei der Rückführung von MW-Gebinden.	Handel: Optimierung der Rückführung durch Pooling, frühzeitige Sortierung des Leergutes, um Austauschfahrten zu vermeiden.
Einsatz von E-LKW bei der Distribution	THG und Luftschadstoffen, Verbrauch fossiler Ressourcen	Mittel da die Distribution nur für einen geringen Teil der Umweltlasten im System verantwortlich ist		Hoch da die Distribution einer der bestimmenden Lebenswegabschnitte von Mehrwegflaschen ist		Mittel da die Distribution für einen geringen Teil der Umweltlasten verantwortlich ist	Die Elektrifizierung des Transportes wirkt sich vor allem für transportintensive Verpackungssysteme positiv aus! Insbesondere bei MW-Systemen zeigt die Umstellung auf elektrisch angetriebene LKW ein immenses Reduktionspotenzial.	Politik: Politische Rahmensetzung zur Defossilisierung des Verkehrs. Akteure der Logistik: Umsetzung von Maßnahmen zur Elektrifizierung des Transportwesens.
Erhöhung Anteil Verpackung in werkstofflicher Verwertung	Angebot an Sekundärmaterial Verminderung von Emissionen aus thermischer Verwertung	Gering da die Quoten der werkstofflichen Verwertung für alle Verpackungskomponenten bereits im Status quo weitestgehend optimiert sind.					Hohe werkstoffliche Verwertungsquoten bleiben bis 2045 ein wesentlicher Faktor für die Kreislaufwirtschaft! Hohe Rezyklateinsatzquoten erfordern hohe werkstoffliche Verwertung.	Verwerter: Recycling sicherstellen. Politik: geeignete Rahmung schaffen

Quelle: Eigene Darstellung; ifeu, Ökopol, WI, GVM.

## Bewertung der Umsetzbarkeit der Optimierungen

Wesentliche Akteure für die Umsetzung dieser Optimierungen sind die Hersteller und Inverkehrbringer der Getränkeverpackungen. Die Optimierungen wurden im Rahmen der Datenerhebung unter Mitwirkung der Akteure erarbeitet und sind somit als realistisch und umsetzbar zu bewerten. Daher bedarf es geeigneter Strategien, diese Potenziale auch zu heben.

Seitens der **Politik** sollten Marktanreize geschaffen werden, optimierte Verpackungen energieeffizient zu produzieren und für spezielle Optimierungen auch entsprechende Fördermittel bereitgestellt werden. Wesentlich ist, auch den Akteuren der Wertschöpfungskette eine Planungssicherheit zu geben. Verpackungen, die absehbar politisch nicht gewollt sind, werden eher nicht optimiert. Daher ist es wichtig, dass die Politik vorurteilsfrei auch auf Basis der antizipierten Ergebnisse für das Jahr 2045 eine eigene nationale und europäische Verpackungsstrategie für Getränke erarbeitet.

Seitens der **Akteure der Wertschöpfungskette** müssen die Optimierungen möglichst zeitnah umgesetzt werden. Viele der definierten Handlungsoptionen machen deutlich, dass die Umsetzung nicht auf Ebene der einzelnen Unternehmen erfolgen kann. Ein verstärktes Pooling von Mehrwegflaschen bedarf der Einbindung und Abstimmung vieler Abfüller, eine langfristige Sicherung der Wertstoffkreisläufe bedarf der langfristigen Zusammenarbeit von Recyclern und Herstellern. Hier braucht es für die Zukunft Plattformen für den Austausch und die Steuerung, um die zukünftigen Potenziale gemeinsam zu heben. Eine zentrale Rolle kommt hierbei auch dem **Handel** zu.

## Rolle externer Optimierungen (Optimierungen im „Hintergrundsystem“)

Unbestreitbar birgt die fortschreitende Dekarbonisierung und Defossilisierung das größte Optimierungspotenzial für alle in dieser Studie untersuchten Verpackungen. Deutlich zu sehen ist dies in dem Sprung der Ergebnisse der Szenarien 30-30 zu 30-45.

Es ist jedoch falsch zu glauben, dass die im Rahmen der Bilanz angesetzten Rahmenbedingungen des GreenSupreme Szenario nur aufgrund bereits getroffener politischer Vorgaben Realität werden. Es bedarf die Mitarbeit aller Akteure aus Industrie, Handel, Politik und Gesellschaft, um die Veränderungen anzustoßen und langfristig umzusetzen.

- ▶ Die Politik muss noch stärker nachsteuern, dabei aber eher über Anreize und Förderprogramme den Wandel initiieren.
- ▶ Die Hersteller der Verpackungen und deren Vorprodukte müssen selbst proaktiv tätig werden und die hier definierten Optimierungen in Ihren Systemen für sich spezifizieren und umsetzen.
- ▶ Der Handel muss verstärkt auf die Bedienung der ökologischen Stellschrauben achten. Dabei gibt es keine einfachen Antworten und Modelle, die für alle Getränkeverpackungen deutschland- oder gar europaweit passen. Der Handel muss daher eigene Kompetenzen aufbauen, um die ökologische Bewertung seiner Produkte zu realisieren.
- ▶ Verbraucherinnen und Verbraucher müssen sich auf umweltbezogene Aussagen verlassen können. Dafür braucht es verbindliche Regelungen, welche umweltbezogenen Aussagen, auf welcher Basis getätigt werden können.

## 6.5 Forschungsbedarfe

Entlang der Ökobilanzierung haben sich an verschiedenen Stellen Forschungsbedarfe für mögliche zukünftige Untersuchungen aufgezeigt.

Eine wesentliche Forschungsfrage bezieht sich auf die (Weiter-)Entwicklung von Wirkungsindikatoren für prospektive Ökobilanzen. Wie in Abschnitt 6.2.3 beschrieben stellt sich bezüglich des Global-Warming-Potential die Frage, inwieweit dieser Indikator auch in prospektiven Ökobilanzen ein Leitindikator darstellt. Auch bezüglich der prospektiven Relevanz anderer Wirkungskategorien kann diese Frage gestellt werden. Dies wurde im Rahmen dieser Studie unter anderem dadurch adressiert, dass über die Mindestanforderungen hinausgehend Lärm und Kunststoffeinträge als weitere Indikatoren für die prospektive Betrachtung herangezogen wurden. Beide Indikatoren werden bislang nicht standardmäßig in Ökobilanzen ausgewertet und eine Weiterentwicklung der Methodik hierzu erscheint zielführend.

In Bezug auf die Berechnung entsprechender Ökobilanzen hat sich punktuell Entwicklungsbedarf bezüglich geeigneter Datensätze für prospektive Bilanzen aufgezeigt. Beispielsweise erlauben die vorhandenen Datensätze nicht in ausreichendem Maße Technologieanpassungen abzubilden. Es ist beispielsweise mit der verwendeten Datenbank im Bereich der Glasflaschen nicht möglich, in den prospektiven Szenarien Elektroschmelzwannen abzubilden, da derartige Schmelzwannen in der Behälterglasindustrie bisher nicht genutzt werden und in den Datenbanken daher nicht hinterlegt sind.

Zu einer Verbesserung der Qualität entsprechender prospektiver Betrachtungen kann an manchen Stellen auch eine nähere Untersuchung der Wechselwirkungen verschiedener Optimierungen beitragen. Beispielsweise hat sich bei den Glasflaschen gezeigt, dass hier Zielkonflikte entstehen können. Auf der einen Seite nimmt perspektivisch die Bedeutung der Verschlüsse für die Umweltwirkungen zu; eine potenzielle Optimierung besteht in einer Gewichtsreduktion. Eine Gewichtsreduktion der Flasche selbst wiederum kann durch eine gleichmäßige Glasverteilung in der Flaschen erfolgen, die jedoch i. d. R. den Einsatz des Press-Blas-Verfahrens anstelle des Blas-Blas-Verfahrens voraussetzen würde. Dafür werden bisher größere Mündungen und damit verbunden auch größere Verschlüsse benötigt. Leichtere Gebinde können daher in einem Zielkonflikt mit der Verringerung des Einflusses der Verschlüsse stehen.

## 7 Zusammenfassendes Fazit

In der vorliegenden ökobilanziellen Studie wurden prospektiv mit Zeithorizont 2030/2045 die Perspektiven unterschiedlicher Verpackungssysteme bei absehbaren Veränderungen der Rahmenbedingungen sowie bei Ausschöpfen möglicher antizipierter Optimierungspotenziale der Verpackungssysteme ermitteln. Es wurden 28 verschiedene Getränkeverpackungen untersucht, die sich folgenden Systemen (Verpackungsgruppen) zuordnen lassen:

- ▶ Glas Mehrweg
- ▶ PET Mehrweg
- ▶ PET Einweg
- ▶ Getränkedosen aus Aluminium
- ▶ Getränkeverbundkartons

Im Kern der Untersuchung stand dabei die Frage:

- ▶ Wie können sich die Umweltwirkungen verschiedener Getränkeverpackungssysteme zukünftig darstellen
  - unter Veränderungen der Rahmenbedingungen (Externe Potenziale: Welche Optimierungen ergeben sich durch das Umfeld? (Änderung im Mix an Energieträgern, Umstellung im Feedstock)) und
  - bei Ausschöpfen möglicher Optimierungspotenziale der Verpackungssysteme (Interne Potenziale: Wohin entwickeln sich die verpackungssystemspezifischen Parameter? (Gewichte, Umlaufzahlen, Materialzusammensetzung, Entsorgungswege, Distribution, Prozessdaten))?

Ein Vergleich verschiedener Getränkeverpackungssysteme ist hingegen nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

Methodisch beruhen die durchgeföhrten Betrachtungen auf den Vorgaben der einschlägigen ISO-Normen 14040 und 14044 sowie den Mindestanforderungen an die Ökobilanzierung von Getränkeverpackungen, die in Bezug auf die Fragestellung der Studie (Betrachtung der Potenziale einzelner Verpackungssysteme anstelle eines Vergleichs verschiedener Verpackungssysteme) sowie den prospektiven Charakter der Studie hin angepasst wurden.

Zwischenergebnisse der Untersuchung und getroffene Annahmen wurden fortlaufend dem Begleitkreis (in sechs Sitzungen sowie ergänzenden Kleingruppentreffen), in dem über 30 Akteur\*innen aus verschiedenen Stakeholdergruppen vertreten waren, vorgestellt und diskutiert. Ergänzend wurden schriftliche Stellungnahmen eingereicht. Die Berücksichtigung der Stellungnahmen wurde in einer zusammenfassenden Synopse im Detail dargelegt.

Eine wesentliche Grundlage der ökobilanziellen Betrachtung der prospektiven Szenarien ist das GreenSupreme Szenario. Wesentliche relevante Hintergrundparameter, die aus dem GreenSupreme Szenario in diese ökobilanzielle Studie übernommen wurden, betreffen die Rohstoffbasis, die Energieerzeugung und den Verkehrssektor.

Die Verpackungsparameter sowie die verpackungsspezifischen Optimierungspotenziale wurden ausgehend von bereits vorliegenden Studien und Erkenntnissen bei den Auftragnehmenden

entsprechend der Aufgabenstellung durch Expertenbefragungen und unter enger Einbeziehung des Begleitkreises erhoben.

Auf Basis der Sachbilanzierung wurden zur Untersuchung der Optimierungspotenziale für jedes der betrachteten 28 Verpackungssysteme fünf Basisszenarien bilanziert:

- ▶ Verpackungsspezifikationen Status quo und Hintergrunddaten Status quo
- ▶ Verpackungsspezifikationen Status quo und Hintergrunddaten 2030
- ▶ Verpackungsspezifikationen 2030 und Hintergrunddaten 2030
- ▶ Verpackungsspezifikationen 2030 und Hintergrunddaten 2045
- ▶ Verpackungsspezifikationen 2045 und Hintergrunddaten 2045

In Summe ergibt dies 140 Basisszenarien. Diese wurden ergänzt um verschiedene Varianten und Sensitivitätsanalysen.

In der Auswertungsphase wurden die umfangreichen Ergebnisse der Wirkungsabschätzung einer Auswertestrategie folgend ausgewertet und die folgenden Kernergebnisse konnten abgeleitet werden:

- ▶ In einer hochverdichten Darstellung der Ergebnisse konnte die Entwicklung der Umweltwirkungen in den verschiedenen Systemen und Szenarien dargestellt werden. Hierbei konnten sowohl breitere Trends als auch Unterschiede zwischen den Systemen identifiziert werden. So sind in den Ergebnissen der Umweltwirkungskategorien Klimawandel und KEA fossil über alle Verpackungssysteme und betrachteten Szenarien deutliche Reduktionen zu beobachten. Ein ähnlicher Trend, wenn auch weniger ausgeprägt, zeigt sich bei den luftgetragenen Schadstoffen und beim KRA, während bei der aquatischen Eutrophierung und dem Naturfernenpotenzial kein einheitlicher Trend festzustellen ist. In der Zusammenschau der Ergebnisse zeigt sich, dass es zu Verlagerungseffekten kommt – weg von den luftgetragenen Schadstoffen inkl. THG hin zu Flächennutzungskonkurrenzen und Naturfernenpotenzial.
- ▶ Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass die externen Optimierungen (insbesondere die Umstellung auf erneuerbare Energien in Strom und Wärmeversorgung) in Bezug auf die in den symmetrischen Szenarien zu beobachtenden Effekte im Einfluss überwiegen. Positive Effekte ergeben sich hierbei entlang aller Lebenswegabschnitt. Auch beim Transport resultieren hier durch die angenommene Verbreitung von E-LKW positive Effekte.
- ▶ Bei den Mehrweggebinden ist speziell die Umstellung der Wärmeversorgung in der Gebindereinigung in Kombination mit der Nutzung erneuerbarer Energien hervorzuheben.
- ▶ Speziell bezüglich der Distribution zeigt die zusätzlich vorgenommene ergänzende Betrachtung von potenziellen Treibhausgasemissionen bei Berücksichtigung des Füllgutes in der Distribution zeigt, dass dieses mit einem deutlich relevanteren Anteil an den Treibhausgasemissionen verbunden ist als die Verpackung. Die Anteile der Emissionen, welche durch das Füllgut bedingt sind, bleiben auch prospektiv bis 2030 für alle untersuchten Verpackungsgruppen relevant und reduzieren sich erst mit der vollständigen Elektrifizierung des Verkehrs in 2045. Diese Ergebnisse zeigen den Vorteil regionaler Bezugsquellen und möglichst kurzer Transportwege im Hinblick auf die durch die Distribution verursachten Umweltwirkungen.

- Bei den internen Optimierungen der Getränkeverpackungen (Optimierungen der verpackungssystemspezifischen Parameter) stellt es sich sehr unterschiedlich dar, welche Stellschrauben besonders zur Reduktion der Umweltwirkungen beitragen:
- Bei der Aluminiumdose wurden viele mögliche Stellschrauben als bereits im Status quo weitgehend optimiert identifiziert. Insbesondere die weitere Steigerung des Rezyklatanteils und die Optimierung von Transport- und Umverpackung können hier noch zu weiteren Verbesserungen beitragen.
  - Bei der PET-Einwegflasche ist neben einer Gewichtsreduktion der Flasche insbesondere die deutliche Steigerung des Rezyklatanteils, die zu einer Reduktion der Umweltwirkungen beitragen kann.
  - Bei der Glas-Mehrwegflasche stellen die Reduktion der (Re-) Distributionsdistanzen und der Einsatz von E-LKW zentrale Stellschrauben dar. Die Umlaufzahlen müssen auf hohem Niveau beibehalten bzw. nach Möglichkeit weiter gesteigert werden.
  - Bei der PET-Mehrwegflasche ist ebenfalls der Einsatz von E-LKW eine zentrale Stellschraube. Analog zu Glas-Mehrwegflaschen müssen die Umlaufzahlen auf hohem Niveau beibehalten bzw. nach Möglichkeit weiter gesteigert werden.
  - Beim Getränkeverbundkarton ist der Verzicht auf die Aluminiumschicht eine zentrale Stellschraube zur Optimierung.

Die internen Optimierungsmöglichkeiten müssen durch die Hersteller und den Handel umgesetzt werden. Eine geeignete politische Rahmung kann dies jedoch unterstützen. Die angenommene Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien, die bei den externen Optimierungen sowie insgesamt die größte Stellschraube darstellt, kann hierbei jedoch nicht als gegebene Externalität betrachtet werden. Auf Seiten der Politik braucht es entschlossenes Handeln um eine entsprechende Entwicklung sicherzustellen. Auf Seiten der Akteure der Wertschöpfungskette braucht es die aktive Nachfrage einer solchen Entwicklung und gezielte Anpassungen wie beispielsweise den Einsatz von Wärmepumpen bei der Gebindereinigung von Mehrwegflaschen.

Insgesamt ist abschließend festzuhalten, dass durch die entschiedene Umsetzung der untersuchten internen und externen Optimierungen bei den betrachteten Getränkeverpackungssystemen in den meisten Umweltwirkungskategorien deutliche Reduktionen der Umweltlasten erreichbar sind, wobei die beschriebenen Verlagerungseffekte weg von den luftgetragenen Schadstoffen inkl. THG hin zu Flächennutzungskonkurrenzen und Naturfernpotenzial zu beachten sind. Die Treibhausgasemissionen reduzieren sich für alle in der vorliegenden Studie untersuchten Verpackungssysteme um mindestens > 90 %.

## 8 Quellenverzeichnis

Amadei, Andrea Martino; Sanyé-Mengual, Esther; Sala, Serenella (2022): Modeling the EU plastic footprint: Exploring data sources and littering potential. In: *Resources, Conservation and Recycling* 178, S. 106086. DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.106086.

Andreasi Bassi, Susanna; Boldrin, Alessio; Faraca, Giorgia; Astrup, Thomas F. (2020): Extended producer responsibility: How to unlock the environmental and economic potential of plastic packaging waste? In: *Resources, Conservation and Recycling* 162, S. 105030. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.105030.

Bertling, Jürgen; Hamann, Leandra; Bertling, Ralf (2018): Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik. Ursachen, Mengen, Umweltschicksale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT. Online verfügbar unter <https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2018/kunststoffe-id-umwelt-konsortialstudie-mikroplastik.pdf>, zuletzt geprüft: 12.02.2024

Bertling, Jürgen; Zimmermann, Till; Rödig, Lisa (2021): Einträge von Mikroplastik in landwirtschaftlich genutzte Böden. Fraunhofer Umsicht; Ökopol Institut für Ökologie und Politik; NABU. Online verfügbar unter <https://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/dokumente/publikationen/2021/umsicht-studie-plastikemissionen-landwirtschaft.pdf>, zuletzt geprüft: 12.02.2024

BMDV (2019): Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen. RLS-19, vom 2019. Fundstelle: Verkehrsblatt (20), S. 698.

BMEL (2015): Leitsätze für Erfrischungsgetränke. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Online verfügbar unter [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/\\_Ernaehrung/Lebensmittel-Kennzeichnung/LeitsaetzeErfrischungsgetraenke.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ernaehrung/Lebensmittel-Kennzeichnung/LeitsaetzeErfrischungsgetraenke.pdf?__blob=publicationFile&v=2), zuletzt geprüft am 08.02.2024.

Boulay, Anne-Marie; Bare, Jane; Benini, Lorenzo; Berger, Markus; Lathuillière, Michael J.; Manzardo, Alessandro et al. (2018): The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). In: *Int J Life Cycle Assess* 23 (2), S. 368–378. DOI: 10.1007/s11367-017-1333-8.

Boulay, Anne-Marie; Verones, Francesca; Vázquez-Rowe, Ian (2021): Marine plastics in LCA: current status and MarILCA's contributions. In: *Int J Life Cycle Assess* 26 (11), S. 2105–2108. DOI: 10.1007/s11367-021-01975-1.

Bünemann, Agnes; Christiani, Joachim; Kerkhoff, Joachim; Koch, Sabine (2016): Folgenabschätzung einer Ausweitung der Pfandpflicht für Saft-Einwegverpackungen auf das PET-Recycling. Institut cyclos HTP. Aachen. Online verfügbar unter <https://sc10d7d3c6be8f168.jimcontent.com/download/version/1606757774/module/7285995859/name/Folgenabsch%C3%A4tzung%20einer%20Ausweitung%20der%20Pfandpflicht%20f%C3%BCr%20Saft-%20Einwegverpackungen%20auf%20das%20PET-%20Recycling.pdf>, zuletzt geprüft: 12.02.2024

Christiani, Joachim; Griepentrog, Ulla; Weber, Heiko; Giegrich, Jürgen; Detzel, Andreas; Breuer, Lutz (2001): Grundlagen für eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle Verwertung von Verkaufsverpackungen. Forschungsbericht 298 33719. Hg. v. Umweltbundesamt. HTP Ingenieurgesellschaft; ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2258.pdf>, zuletzt geprüft 12.02.2024.

Chitaka, Takunda Y.; Blottnitz, Harro von (2021): Development of a method for estimating product-specific leakage propensity and its inclusion into the life cycle management of plastic products. In: *Int J Life Cycle Assess* 26 (7), S. 1431–1438. DOI: 10.1007/s11367-021-01905-1.

Ciroth, Andreas; Kouame, Naomi (2019): Elementary litter in life cycle inventories, approach and application. 9. Internationale Konferenz für Life Cycle Management (LCM). GreenDelta GmbH. Poznan, 02.09.2019. Online verfügbar unter [https://www.greendelta.com/wp-content/uploads/2019/09/Litter\\_LCM2019.pdf](https://www.greendelta.com/wp-content/uploads/2019/09/Litter_LCM2019.pdf), zuletzt geprüft am 10.02.2022.

Civancik-Uslu, Didem; Puig, Rita; Hauschild, Michael; Fullana-i-Palmer, Pere (2019): Life cycle assessment of carrier bags and development of a littering indicator. In: *The Science of the total environment* 685, S. 621–630. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.372.

DBB, BV Glas (2017): Spezielle Technische Liefer- und Bezugsbedingungen (STLB) für Bierflaschen aus Glas. Deutscher Brauer-Bund e.V., Bundesverband Glasindustrie e.V. Berlin, Düsseldorf.

Dehoust, Günter; Manhart, Andreas; Dolega, Peter; Vogt, Regine; Auberger, Andreas; Kämper, Claudia et al. (2020): Weiterentwicklung von Handlungsoptionen einer ökologischen Rohstoffpolitik (ÖkoRess II). Abschlussbericht. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau (TEXTE, 79/2020). Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-17\\_texte\\_79-2020\\_oekoressii\\_abschlussbericht.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-17_texte_79-2020_oekoressii_abschlussbericht.pdf), zuletzt geprüft am 09.03.2022.

Dehoust, Günter; Manhart, Andreas; Möck, Alexander; Kießling, Lea; Vogt, Regine; Kämper, Claudia et al. (2017): Erörterung ökologischer Grenzen der Primärrohstoffgewinnung und Entwicklung einer Methode zur Bewertung der ökologischen Rohstoffverfügbarkeit zur Weiterentwicklung des Kritikalitätskonzeptes (ÖkoRess I). Konzeptband. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau (TEXTE, 87/2017). Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-28\\_texte\\_87-2017\\_oekoress\\_konzeptband\\_2.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-09-28_texte_87-2017_oekoress_konzeptband_2.pdf), zuletzt geprüft am 09.03.2022.

Deloitte (2013): Umlaufzahlen und Transportentfernungen in der Getränkeindustrie. Studie im Auftrag der Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie e.V. und des Handelsverbands Deutschland e.V.

Der Grüne Punkt (2023): Rohstofffraktionsspezifikation 510 Flüssigkeitskartons. Unter Mitarbeit von Dominik Segiet. Online verfügbar unter [https://www.gruener-punkt.de/fileadmin/Dateien/Downloads/PDFs/Rohstofffraktionsspezifikationen2023/DOC-23-50757\\_-Rohstofffraktionsspezifikation\\_510\\_Fluessigkeitskartons\\_-\\_v0.01.0005.pdf](https://www.gruener-punkt.de/fileadmin/Dateien/Downloads/PDFs/Rohstofffraktionsspezifikationen2023/DOC-23-50757_-Rohstofffraktionsspezifikation_510_Fluessigkeitskartons_-_v0.01.0005.pdf), zuletzt geprüft am 08.02.2024.

Detzel, Andreas; Kauertz, Benedikt; Grahl, Birgit; Heinisch, Jürgen (2016): Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen. Hg. v. Umweltbundesamt. ifeu Institut; GVM; INTEGRAHL. Dessau (TEXTE, 19/2016). Online verfügbar unter [https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/uba\\_texte\\_19\\_2016\\_pruefung\\_und\\_aktualisierung\\_der\\_oekobilanzen\\_fuer\\_gertaenkeverpackungen.pdf](https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/uba_texte_19_2016_pruefung_und_aktualisierung_der_oekobilanzen_fuer_gertaenkeverpackungen.pdf), zuletzt geprüft am 08.03.2021.

Deutsche Umwelthilfe (DUH); Bundesverband des Deutschen Getränkefachgroßhandels; Stiftung Initiative Mehrweg; Bundesverband Private Brauereien Deutschland e.V.; Verband des Deutschen Getränke-Einzelhandels e.V. (2014): Stellungnahme der „Mehrweg-Allianz“ zu den Ergebnissen des Begleitkreises zum Forschungsprojekt des Bundesumweltamtes „Prüfung und Aktualisierung der Ökobilanzen für Getränkeverpackungen“.

Dittrich, Monika; Dünnebeil, Frank; Köppen, Susanne; Oehsen, Amany von; Vogt, Regine; Biemann, Kirsten et al. (2020): Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland - GreenSupreme. Umweltbundesamt (Climate Change, 05/2020). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transformationsprozess-treibhausgasneutrales-ressourcenschonendes-deutschland-greensupreme>.

Dittrich, M.; Dünnebeil, F.; Biemann, K., von Oehsen, A.; Mellwig, P., Neumann, K., Gerhardt, N., Sschoer, K. (2017): Konsistenz im Modellverbund im Projekt RTD. In: Sicherung der Konsistenz und Harmonisierung von Annahmen bei der kombinierten Modellierung von Ressourceninanspruchnahme und Treibhausgasemissionen. UBA-Dokumentationen 04/2017, S. 83-96. Online verfügbar unter

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/2017-01-30\\_dokumentation\\_04-2017\\_modellierung\\_simress.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/2017-01-30_dokumentation_04-2017_modellierung_simress.pdf), zuletzt geprüft: 12.02.2024

Dittrich, M., Schoer, Günther, J., Nuss, P., Purr, K., K., Lehmann, H. (2020): Resource Use in a Post-fossil Green Germany. In: Lehmann, H. (2020): Sustainable Development and Resource Productivity - The Nexus Approaches. Routledge Publishing. ISBN 9780367429546

Dittrich, M.; Gerhardt, N.; Schoer, K.; Dünnebeil, F.; Becker, S.; Oehsen, A. von; Vogt, R.; Köppen, S.; Biemann, K.; Böttger, D.; Ewers, B.; Limberger, S.; Frischmuth, F.; Fehrenbach, H. (2020a): Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland - GreenEe. UBA-TEXTE 01/2020. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transformationsprozess-treibhausgasneutrales-ressourcenschonendes-deutschland-greenee>, zuletzt geprüft: 12.02.2024

Dittrich, M.; Gerhardt, N.; Schoer, K.; Dünnebeil, F.; Becker, S.; Oehsen, A. von; Vogt, R.; Köppen, S.; Biemann, K.; Böttger, D.; Ewers, B.; Limberger, S.; Frischmuth, F.; Fehrenbach, H. (2020b): Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland - GreenLate. UBA-Texte 02/2020. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transformationsprozess-treibhausgasneutrales-ressourcenschonendes-deutschland-greenlate>, zuletzt geprüft: 12.02.2024

Dittrich, M.; Gerhardt, N.; Schoer, K.; Dünnebeil, F.; Becker, S.; Oehsen, A. von; Vogt, R.; Köppen, S.; Biemann, K.; Böttger, D.; Ewers, B.; Limberger, S.; Frischmuth, F.; Fehrenbach, H. (2020c): Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland - GreenMe. UBA-Texte 03/2020. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transformationsprozess-treibhausgasneutrales-ressourcenschonendes-deutschland-greenme>, zuletzt geprüft: 12.02.2024

Dittrich, M.; Gerhardt, N.; Schoer, K.; Dünnebeil, F.; Becker, S.; Oehsen, A. von; Vogt, R.; Köppen, S.; Biemann, K.; Böttger, D.; Ewers, B.; Limberger, S.; Frischmuth, F.; Fehrenbach, H. (2020d): Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland - GreenLife. UBA-Texte 04/2020. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transformationsprozess-treibhausgasneutrales-ressourcenschonendes-deutschland-greenlife>, zuletzt geprüft: 12.02.2024

Dittrich, M.; Gerhardt, N.; Schoer, K.; Dünnebeil, F.; Becker, S.; Oehsen, A. von; Vogt, R.; Köppen, S.; Biemann, K.; Böttger, D.; Ewers, B.; Limberger, S.; Frischmuth, F.; Fehrenbach, H. (2020e): Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland - GreenSupreme. UBA-TEXTE 05/2020. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transformationsprozess-treibhausgasneutrales-ressourcenschonendes-deutschland-greensupreme>, zuletzt geprüft: 12.02.2024

Dittrich, M.; Gerhardt, N.; Schoer, K.; Dünnebeil, F.; Becker, S.; Oehsen, A. von; Vogt, R.; Köppen, S.; Biemann, K.; Böttger, D.; Ewers, B.; Limberger, S.; Frischmuth, F.; Fehrenbach, H. (2020f): Transformationsprozess zum treibhausgasneutralen und ressourcenschonenden Deutschland – Vergleich der Szenarien. UBA-TEXTE 06/2020. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transformationsprozess-treibhausgasneutrales-ressourcenschonendes-deutschland-vergleich-der-szenarien>, zuletzt geprüft: 12.02.2024

Dittrich, M., Schoer, K., Ewers, B., Liebich, A., Loibl, A., Müller, J. (voraussichtlich 2024): Betrachtung von Rohstoffaufwendungen und Umweltwirkungen für die Energiewende in einem ressourcenschonenden und treibhausgasneutralen Deutschland (REFINE). FKZ 3719 31 103 0. Endbericht. UBA-Texte (XX/2024)

Douglas, Martyn; Schubert, Tim; Schuhmacher, Thomas (2020): Urbane Logistik – Herausforderungen für Kommunen: Auswertung und Ergebnisbericht einer Online-Befragung. UBA-Texte 236/2020. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020\\_12\\_14\\_texte\\_236-2020\\_staedtischer\\_gueterverkehr.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_12_14_texte_236-2020_staedtischer_gueterverkehr.pdf), zuletzt geprüft am 22.12.2021.

DPG (2021): DPG Deutsche Pfandsystem GmbH – Systempartner. Online verfügbar unter <https://dpg-pfandsystem.de/index.php/de/die-akteure/systempartner.html>, zuletzt aktualisiert am 08.02.2024, zuletzt geprüft am 08.02.2024.

ECHA (2019): Annex XV Restriction Report. Proposal for a Restriction. European Chemicals Agency. Helsinki. Online verfügbar unter <https://echa.europa.eu/documents/10162/05bd96e3-b969-0a7c-c6d0-441182893720>, zuletzt geprüft am 11.02.2022.

Europäische Kommission (2018): PEFCR Guidance Document - Guidance for the Development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), Version 6.3. Online verfügbar unter [https://eplca.jrc.ec.europa.eu/permalink/PEFCR\\_guidance\\_v6.3-2.pdf](https://eplca.jrc.ec.europa.eu/permalink/PEFCR_guidance_v6.3-2.pdf).

Europäische Kommission (2020): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Widerstandsfähigkeit der EU bei kritischen Rohstoffen: Einen Pfad hin zu größerer Sicherheit und Nachhaltigkeit abstecken. Brüssel (COM/2020/474). Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>, zuletzt geprüft am 09.03.2022.

Fava, J. A.; Denison, R.; Jones, B.; Curran, M. A.; Vigon, B.; Selke, S.; Barnum, J. (1991): A Technical Framework for Life-cycle Assessments. Washington: Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Online verfügbar unter <https://books.google.de/books?id=VZFFAAAYAAJ>.

Fehrenbach, Horst; Busch, Mirjam; Brück, Silvana; Bischoff, Mascha; Theis, Stefanie; Reinhardt, Joachim et al. (2021): Flächenrucksäcke von Gütern und Dienstleistungen. Ermittlung und Verifizierung von Datenquellen und Datengrundlagen für die Berechnung der Flächenrucksäcke von Gütern und Dienstleistungen für Ökobilanzen. Teilbericht II: Fallbeispiele. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau (TEXTE, 169/2021). Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte\\_169-2021\\_flaechenrucksaecke\\_von\\_guetern\\_und\\_dienstleistungen\\_teilbericht\\_ii.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_169-2021_flaechenrucksaecke_von_guetern_und_dienstleistungen_teilbericht_ii.pdf), zuletzt geprüft am 09.03.2022.

Finkbeiner, Matthias; Bach, Vanessa; Lehmann, Annekatrin (2018): Environmental Footprint: Der UmweltFußabdruck von Produkten und Dienstleistungen. Abschlussbericht. Hg. v. Umweltbundesamt. Technische Universität Berlin, Institut für Technischen Umweltschutz. Dessau-Roßlau (TEXTE, 76/2018). Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-01-17\\_texte\\_76-2018\\_environmental-footprint\\_1.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-01-17_texte_76-2018_environmental-footprint_1.pdf), zuletzt geprüft: 12.02.2024.

Frischknecht, R.; Braunschweig, A.; Hofstetter, P.; Suter, P. (2000): Human health damages due to ionising radiation in life cycle impact assessment. In: *Environmental Impact Assessment Review* 20 (2), S. 159–189. DOI: 10.1016/S0195-9255(99)00042-6.

Frischknecht, Rolf (1998): Life cycle inventory analysis for decision-making: scope-dependent inventory system models and context-specific joint product allocation. ETH Zurich.

Global Footprint Network (2009): Ecological Footprint Standards 2009. Hg. v. Global Footprint Network. Oakland. Online verfügbar unter [https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Ecological\\_Footprint\\_Standards\\_2009.pdf](https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Ecological_Footprint_Standards_2009.pdf), zuletzt geprüft am 15.06.2022.

GVM (1995): Umlaufzahlen für 1,5 l PET-Mehrwegflaschen. Auswertung im Auftrag der AGVU. Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung. Mainz.

GVM (2011): Distributionsentfernung von Bier und Biermischgetränken in Mehrweg-Flaschen von Brauereien zu privaten Haushalten. Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH. Mainz.

GVM (2019): Marktanalyse Individual-Mehrwegflaschen für Bier, Wässer und Erfrischungsgetränke. GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung, Mainz.

GVM (2020a): Aufkommen und Verwertung von PET-Getränkeflaschen in Deutschland 2019. GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung. Mainz.

GVM (2020b): Potenzial zur Verwendung von Recycling-Kunststoffen in der Produktion von Kunststoffverpackungen in Deutschland. GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung. Mainz.

GVM (2020c): Recycling-Bilanz für Verpackungen, Bezugsjahr 2019. GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung. Mainz.

GVM (2021): Recycling von Getränkedosen. GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung. Mainz. Online verfügbar unter

[https://gvmonline.de/files/recycling/2021\\_04\\_27\\_Recyclingquoten\\_Getraenkendosen\\_Endbericht.pdf](https://gvmonline.de/files/recycling/2021_04_27_Recyclingquoten_Getraenkendosen_Endbericht.pdf), zuletzt geprüft am 08.02.2024.

GVM (2022a): Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2020. Hg. v. Umweltbundesamt. GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung. Dessau (UBA-Texte, 109/2022). Online verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-09-29\\_texte\\_109-2022\\_aufkommen-verwertung-verpackungsabfaelle-2020-d.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-09-29_texte_109-2022_aufkommen-verwertung-verpackungsabfaelle-2020-d.pdf), zuletzt geprüft: 12.02.2024.

GVM (2022b): Bundesweite Erhebung von Daten zum Verbrauch von Getränken in Mehrweggetränkeverpackungen 2020. Bezugsjahr 2020. Hg. v. Umweltbundesamt. GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung. Dessau (UBA-Texte, 131/2022). Online verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/2023-07-20\\_texte\\_131-2022\\_bundesweite\\_erhebung\\_von\\_daten\\_zum\\_verbrauch\\_von\\_getraenken\\_in\\_mehrweggetraenkeverpackungen.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/2023-07-20_texte_131-2022_bundesweite_erhebung_von_daten_zum_verbrauch_von_getraenken_in_mehrweggetraenkeverpackungen.pdf), zuletzt geprüft: 12.02.2024.

ifeu (2021): Darstellung der Stoffströme für die Aluminium-Getränkendose in Deutschland. Ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung. Heidelberg.

INFRAS (2017): HBEFA - Handbook Emission Factors for Road Transport. Bern. Online verfügbar unter <https://www.hbefa.net/>, zuletzt aktualisiert am 08.02.2024, zuletzt geprüft am 08.02.2024.

IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Hg. v. Cambridge University Press. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Jepsen, Dirk; Zimmermann, Till; Spengler, Laura; Rödig, Lisa; Bliklen, Rebecca; Struck, Karsten et al. (2020): Kunststoffe in der Umwelt. Erarbeitung einer Systematik für erste Schätzungen zum Verbleib von Abfällen und anderen Produkten aus Kunststoffen in verschiedenen Umweltmedien. Hg. v. Umweltbundesamt. Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH. Dessau (TEXTE, 198/2020). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kunststoffe-in-der-umwelt-erarbeitung-einer>, zuletzt geprüft am 21.04.21.

Joint Research Centre (2011): International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook-Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context. Hg. v. Publications Office of the European Union. European Commission-Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. Luxembourg (EUR 24571 EN). Online verfügbar unter <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Recommendation-of-methods-for-LCIA-def.pdf>, zuletzt geprüft am 15.06.2022.

Kauertz, B., Detzel, A., Döhner, A. (2010): PET Ökobilanz 2010. Ökobilanzielle Untersuchung verschiedener Verpackungssysteme für kohlensäurehaltige Mineralwässer und Erfrischungsgetränke sowie stille Mineralwässer. Im Auftrag der Industrievereinigung Kunststoffverpackungen. Institut für Energie- und Umweltforschung. Heidelberg.

Kauertz, Benedikt (2016): Die neuen Mindestanforderungen des Umweltbundesamtes für Ökobilanzen bei Getränkeverpackungen. Spezielle Herausforderungen für das Getränkesegment Bier. Vortrag im Rahmen des

22. Dresdner Brauertags am 8. April 2016. 22. Dresdner Brauertag. ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung. Dresden, 2016.

Kauertz, Benedikt; Bick, Carola; Schlecht, Samuel; Busch, Mirjam; Markwardt, Stefanie; Wellenreuther, Frank (2018): FKN Ökobilanz 2018. Ökobilanzieller Vergleich von Getränkeverbundkartons mit PET-Einweg- und Glas-Mehrwegflaschen in den Getränkesegmenten Saft/Nektar, H-Milch und Frischmilch. Abschlussbericht nach kritischer Prüfung. Hg. v. ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung. Heidelberg.

Kauertz, Benedikt; Busch, Mirjam; Bader, Jan (2020a): FKN Ökobilanz 2020. Ökobilanzielle Betrachtung von Getränkeverbundkartons in Deutschland in den Getränkesegmenten Säfte und Nektare sowie H-Milch und Frischmilch. Abschlussbericht nach kritischer Prüfung. Hg. v. ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung. Online verfügbar unter [https://www.getraenkekarton.de/wp-content/uploads/2021/08/ifeu\\_2020\\_oekbilanz\\_fkn\\_final.pdf](https://www.getraenkekarton.de/wp-content/uploads/2021/08/ifeu_2020_oekbilanz_fkn_final.pdf), zuletzt geprüft 12.02.2024.

Kauertz, Benedikt; Dittrich, Monika; Fehrenbach, Horst; Franke, Bernd (2020b): Ableitung eines Indikatorensets zur Umweltverträglichkeit der Energiewende. Umweltbundesamt. Dessau (TEXTE, 222/2020). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ableitung-eines-indikatorensets-zur>, zuletzt geprüft am 19.05.2021.

Kim, Seungdo; Hwang, Taeyoun; Lee, Kun M. (1997): Allocation for cascade recycling system. In: *The International Journal of Life Cycle Assessment* 2 (4). DOI: 10.1007/BF02978418.

Klöpffer, Walter (1996): Allocation rule for open-loop recycling in life cycle assessment. In: *The International Journal of Life Cycle Assessment* 1 (1), S. 27–31. DOI: 10.1007/BF02978629.

Klöpffer, Walter (2009): Ökobilanz (LCA). Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. Weinheim: Wiley-VCH.

KOM (2024): European Platform on LCA | EPLCA. Environmental Footprint. Hg. v. Europäische Kommission. Online verfügbar unter <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/EnvironmentalFootprint.html>, zuletzt aktualisiert am 31.01.2024, zuletzt geprüft am 06.02.2024.

Kraftfahrt-Bundesamt (2021): Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge (VD)- Inlandsverkehr. Kraftfahrt-Bundesamt, Flensburg. Online verfügbar unter [https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Kraftverkehr/vd3\\_uebersicht.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Kraftverkehr/vd3_uebersicht.html), zuletzt geprüft am 06.02.2024.

Maga, Daniel; Galafton, Christina; Blömer, Jan; Thonemann, Nils; Özdamar, Aybüke; Bertling, Jürgen (2022): Methodology to address potential impacts of plastic emissions in life cycle assessment. In: *Int J Life Cycle Assess.* DOI: 10.1007/s11367-022-02040-1.

Maga, Daniel; Thonemann, Nils; Strothmann, Philip; Sonnemann, Guido (2021): How to account for plastic emissions in life cycle inventory analysis? In: *Resources, Conservation and Recycling* 168, S. 105331. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.105331.

MarktSensor (2016): Distributionsentfernungen von Getränkeverpackungen 2015/2016. Arbeitsergebnisse Fruchtsaft/Fruchtnektar 1 Liter. Neuhausen.

Mehrweg-Allianz (2014): Stellungnahme der "Mehrweg-Allianz" zur Studie "Umlaufzahlen und Transportentfernungen in der Getränkeindustrie" der Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie e.V. (BVE) und des Handelsverbands Deutschland e.V. (HDE). Hg. v. Mehrweg-Allianz. Deutsche Umwelthilfe (DUH); Stiftung Initiative Mehrweg; Private Brauereien Deutschland; Verband des Deutschen Getränke-Einzelhandels e.V. Online verfügbar unter [http://www.duh.de/uploads/tx\\_duhdownloads/Stellungnahme\\_Deloitte\\_Studie\\_110314.pdf](http://www.duh.de/uploads/tx_duhdownloads/Stellungnahme_Deloitte_Studie_110314.pdf), zuletzt geprüft 12.02.2024.

Nessi, S.; Sinkko, T.; Bulgheroni, C.; Garcia-Gutierrez, P.; Giuntoli, J.; Konti, A. et al. (2021): Comparative Life Cycle Assessment (LCA) of Alternative Feedstock for Plastics Production. Part 1: the Plastics LCA method. Hg. v.

- Publications Office of the European Union. Luxembourg. Online verfügbar unter:  
[https://eplca.jrc.ec.europa.eu/permalink/PLASTIC\\_LCI/Plastics%20LCA\\_Report%20I\\_Updated%20Draft%20Method\\_2020.06.03.pdf](https://eplca.jrc.ec.europa.eu/permalink/PLASTIC_LCI/Plastics%20LCA_Report%20I_Updated%20Draft%20Method_2020.06.03.pdf), zuletzt geprüft: 12.02.2024.
- Notus Energy Plan GmbH & Co KG (2018): Schallgutachten zur Ermittlung der zu erwartenden Schallimmissionen von sechs Windenergieanlagen nach Interimsverfahren. Standort Hohenseefeld II, Landkreis Teltow-Fläming (Brandenburg). Potsdam (NEP-Schall 001-2018 Rev. 1). Online verfügbar unter [https://www.upv-verbund.de/documents/ingrid-group\\_ige-iplug-bb/40A8A277-F17B-4A28-9124-BE26CE961604/6\\_Schallprognose.pdf](https://www.upv-verbund.de/documents/ingrid-group_ige-iplug-bb/40A8A277-F17B-4A28-9124-BE26CE961604/6_Schallprognose.pdf), zuletzt geprüft am 04.04.2022.
- Peano; Laura; Kounina, Anna; Magaud, Violaine; Chalumeau, Sophie; Zgola, Melissa; Boucher, Julien (2020): Plastic Leak project. Methodological Guidelines. v1.3. Hg. v. Quantis und ea. Online verfügbar unter <https://quantis-intl.com/report/the-plastic-leak-project-guidelines/>, zuletzt geprüft am 10.02.2022.
- Plinke, Eckhardt; Schonert, Marina; Meckel, Herrmann; Detzel, Andreas; Giegrich, Jürgen; Fehrenbach, Horst et al. (2000): Ökobilanz für Getränkeverpackungen II. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau (TEXTE, 37/00). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/oekobilanz-fuer-getraenkeverpackungen-ii>, zuletzt geprüft am 09.11.2021.
- Purr, Katja; Günther, Jens; Lehmann, Harry; Nuss, Philip (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. Rescue Studie. Climate Change 36/2019. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue\\_studie\\_cc\\_36-2019\\_wege\\_in\\_eine\\_ressourcenschonende\\_treibhausgasneutralitaet.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue_studie_cc_36-2019_wege_in_eine_ressourcenschonende_treibhausgasneutralitaet.pdf), zuletzt geprüft am 17.11.2020.
- Rosenbaum, Ralph K.; Bachmann, Till M.; Gold, Lois Swirsky; Huijbregts, Mark A. J.; Jolliet, Olivier; Juraske, Ronnie et al. (2008): USEtox—the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. In: *Int J Life Cycle Assess* 13 (7), S. 532–546. DOI: 10.1007/s11367-008-0038-4.
- Salieri, Beatrice; Stoudmann, Natasha; Hischier, Roland; Som, Claudia; Nowack, Bernd (2021): How Relevant Are Direct Emissions of Microplastics into Freshwater from an LCA Perspective? In: *Sustainability* 13 (17), S. 9922. DOI: 10.3390/su13179922.
- Saling, Peter; Gyuzeleva, Lora; Wittstock, Klaus; Wessolowski, Victoria; Griesshammer, Rainer (2020): Life cycle impact assessment of microplastics as one component of marine plastic debris. In: *Int J Life Cycle Assess* 25 (10), S. 2008–2026. DOI: 10.1007/s11367-020-01802-z.
- Schmitz, Stefan; Paulini, Inge (1999): Bewertung in Ökobilanzen. Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung nach ISO 14042 und 14043 (Version '99). Unter Mitarbeit von Siegfried Abelmann, Thomas Bunge, Hans-Hermann Eggers, Karin Fritz, Birgit Georgi, Dieter Gottlob et al. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau (TEXTE, 92). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3619.pdf>, zuletzt geprüft am 08.12.2021.
- Sonnemann, Guido; Valdivia, Sonia (2017): Medellin Declaration on Marine Litter in Life Cycle Assessment and Management. In: *Int J Life Cycle Assess* 22 (10), S. 1637–1639. DOI: 10.1007/s11367-017-1382-z.
- Stefanini, Roberta; Borghesi, Giulia; Ronzano, Anna; Vignali, Giuseppe (2021): Plastic or glass: a new environmental assessment with a marine litter indicator for the comparison of pasteurized milk bottles. In: *Int J Life Cycle Assess* 26 (4), S. 767–784. DOI: 10.1007/s11367-020-01804-x.
- Tekman, Mine B.; Walther, Bruno Andreas; Peter, Corina; Gutow, Lars; Bergmann, Melanie (2022): Impacts of plastic pollution in the oceans on marine species, biodiversity and ecosystems. Hg. v. WWF Germany. Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung. Hamburg. Online verfügbar unter

[https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/wwf impacts of plastic pollution on biodiversity.pdf](https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/wwf_impacts_of_plastic_pollution_on_biodiversity.pdf), zuletzt geprüft 12.02.2024.

TÜV Nord Systems (2007): Gutachten Errichtung und Betrieb eines 800 MW Steinkohlekraftwerkes in Wilhelmshaven, Rüstersieler Groden Nord – Geräuschprognose. Essen.

UBA (2014): Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau (CLIMATE CHANGE, 07/2014). Online verfügbar unter

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/07\\_2014\\_climate\\_change\\_dt.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/07_2014_climate_change_dt.pdf), zuletzt geprüft am 06.02.2024.

UBA (2019a): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. RESCUE-Studie. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau (CLIMATE CHANGE, 36/2019). Online verfügbar unter

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue\\_studie\\_cc\\_36-2019\\_wege\\_in\\_eine\\_ressourcenschonende\\_treibhausgasneutralitaet.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue_studie_cc_36-2019_wege_in_eine_ressourcenschonende_treibhausgasneutralitaet.pdf), zuletzt geprüft 12.02.2024.

UBA (2019b): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität: Executive Summary der RESCUE-Studie. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau. Online verfügbar unter

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba\\_hgp\\_wege\\_in\\_ress\\_triebhausgasneutralitat\\_11-11-2019\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_hgp_wege_in_ress_triebhausgasneutralitat_11-11-2019_bf.pdf), zuletzt geprüft 12.02.2024.

UBA (2019c): Erneuerbare Energien für ein treibhausgasneutrales Deutschland. Politikpapier zur RESCUE-Studie. Hg. V. Umweltbundesamt. Dessau. Online verfügbar unter

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba\\_hgp\\_erneuerbarenergien\\_treibhausneutdt\\_11-11-2019\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_hgp_erneuerbarenergien_treibhausneutdt_11-11-2019_bf.pdf), zuletzt geprüft 12.02.2024.

UBA (2019d): Treibhausgasneutralität in Deutschland bis 2050. Politikpapier zur RESCUE-Studie. Hg. V. Umweltbundesamt. Dessau. Online verfügbar unter

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba\\_hgp\\_treibhausgas\\_2050\\_11-11-2019\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_hgp_treibhausgas_2050_11-11-2019_bf.pdf), zuletzt geprüft 12.02.2024.

UBA (2021): Bewertung des UBA zur „FKN Ökobilanz 2020“. Umweltbundesamt. Dessau. Online verfügbar unter [https://www.getraenkekarton.de/wp-content/uploads/2021/10/uba-bewertung\\_fkn-oeckobilanz\\_2020.pdf](https://www.getraenkekarton.de/wp-content/uploads/2021/10/uba-bewertung_fkn-oeckobilanz_2020.pdf), zuletzt geprüft: 12.02.2024.

DIN EN ISO 14044: Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen.

DIN EN ISO 14040: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen.

DIN EN ISO 14046: Umweltmanagement - Wasser-Fußabdruck - Grundsätze, Anforderungen und Leitlinien.

VdF (2022): Geschäftsbericht 2022. Verband der deutschen Fruchtsaftindustrie e.V., Bonn.

Vogel, Julia; Krüger, Franziska; Matthias, Fabian (2020): Chemisches Recycling. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau (Hintergrund). Online verfügbar unter

[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-07-17\\_hgp\\_chemisches-recycling\\_online.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-07-17_hgp_chemisches-recycling_online.pdf), zuletzt geprüft am 11.05.2021.

Woods, John S.; Verones, Francesca; Jollet, Olivier; Vázquez-Rowe, Ian; Boulay, Anne-Marie (2021): A framework for the assessment of marine litter impacts in life cycle impact assessment. In: *Ecological Indicators* 129, S. 107918. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107918.

Zampori, L.; Pant, R. (2019): Suggestions for updating the organisation environmental footprint (OEF) method. Luxembourg: Publications Office of the European Union (EUR, 29682). DOI: 10.2760/424613

Zhang, Shaoliang; Wang, Jiuqi; Liu, Xu; Qu, Fengjuan; Wang, Xueshan; Wang, Xinrui et al. (2019): Microplastics in the environment: A review of analytical methods, distribution, and biological effects. In: *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 111, S. 62–72. DOI: 10.1016/j.trac.2018.12.002.

## A Anhang

### A.1 Absolute Ergebnisse

**Die im Folgenden dargestellten absoluten Ergebniswerte sind nach wissenschaftlichen Kriterien für einen Vergleich der Verpackungssysteme miteinander nicht geeignet.**

Das Ziel der Studie ist die Betrachtung und Bewertung von Optimierungspotenzialen innerhalb einzelner Getränkeverpackungssysteme. Ein Vergleich der Systeme miteinander entspricht nicht dem in der Ziel- und Rahmendefinition dargelegtem Ziel der Studie.

Entsprechend der definierten Ziele ist auch die in der Studie verfolgte methodische Vorgehensweise auf eine Betrachtung der verschiedenen Optimierungspotenziale eines Systems ausgelegt und nicht auf eine Vergleichbarkeit der absoluten Ergebnisse der Systeme untereinander.

Im Abschlussbericht wurden daher nur relative Ergebnisse dargestellt. Diese basieren auf der Umrechnung von absoluten Werten. Um jedoch die Grundlage und Bedeutsamkeit für die relativen Werte transparent darzustellen, wurden die absoluten Werte in den Anhang aufgenommen.

Die Aufnahme der absoluten Werte ermöglicht jedoch den nicht intendierten Vergleich unterschiedlicher Getränkeverpackungssysteme. Aus Sicht der Autoren\*Autorinnen und den auftraggebenden Organisationen sowie den Mitgliedern des Begleitkreises zur kritischen Begutachtung der Studie stehen insbesondere die folgenden Aspekte einer Vergleichbarkeit der Ergebnisse der untersuchten Getränkeverpackungssysteme entgegen:

- ▶ Nutzung unterschiedlicher Datengrundlagen bei der Abbildung der Systeme sowie Unterschiede im Vorgehen zur Datenerhebung, z. B.
  - unterschiedliche Studien,
  - unterschiedliche sonstige Datenquellen, und
  - teilweise unterschiedliche Aktualität/Bezugsjahre.
- ▶ Das Vorgehen zur Ermittlung der Optimierungspotenziale (Befragung im Begleitkreis) stützt sich primär auf die Einschätzungen der jeweils betroffenen Akteure; die nicht zu erreichende Vergleichbarkeit der Annahmen lässt entsprechend keinen unmittelbaren Vergleich zwischen den Verpackungssystemen in den prospektiven Szenarien zu.
- ▶ Fehlende Umsetzung einer Auswertestrategie unter Berücksichtigung der ökologischen Priorität und wissenschaftlichen Validität der ausgewerteten Umweltwirkungskategorien, wie sie für vergleichende Ökobilanzen nach Maßgabe der UBA-Mindestanforderungen verbindlich ist.

All diese Punkte schmälern in keiner Weise die Anwendbarkeit der Ergebnisse für den intendierten Studienzweck, schließen aber einen belastbaren Vergleich zwischen den untersuchten Getränkeverpackungssysteme aus.

Zudem verlangen die einschlägigen ISO-Normen 14040/14044 für vergleichende Ökobilanzen eine kritische Begutachtung. Zwar wurde diese Ökobilanz kritisch begutachtet, allerdings in Hinblick auf das oben genannte Ziel der Analyse der Optimierungspotenziale innerhalb der Verpackungssysteme und nicht hinsichtlich der Eignung zum Vergleich der Systeme

untereinander. Somit sind die hier dokumentierten Ergebnisse, den Normen folgend, nicht als Grundlage für die Kommunikation vergleichender Aussagen geeignet.

### A.1.1 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 01)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 229: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 01**

LFD 01: 0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment Bier

Wirkungskategorie	1B_SQ-SQ_0,5l-PETEW	1B_SQ-30_0,5l-PETEW	1B_30-30_0,5l-PETEW	1B_30-45_0,5l-PETEW	1B_45-45_0,5l-PETEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	90,02	79,38	55,58	43,80	26,95
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	2.381,35	1.736,09	1.182,98	4,71	3,85
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,61	6,94	6,05	8,70	6,81
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	1,22	0,76	0,61	0,62	0,46
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	138,64	107,12	69,17	-0,78	-1,50
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	142,05	110,33	72,37	2,42	1,69
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,29	0,24	0,17	0,09	0,06
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	3,66	2,75	1,87	0,74	0,47
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,39	0,37	0,21	0,20	0,09
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	28,77	9,09	6,89	7,12	5,47
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	27,42	20,86	14,51	6,51	4,24
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	8,19	128,24	82,43	66,21	35,18
Feinstaub PM2,5 [kg PM 2,5- Äquivalente]	0,27	0,22	0,15	0,07	0,04

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 230: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 01**

LFD 01: 0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment Bier

Klimawandel (GWP fossil)	1B_SQ-SQ_0,5l-PETEW	1B_SQ-30_0,5l-PETEW	1B_30-30_0,5l-PETEW	1B_30-45_0,5l-PETEW	1B_45-45_0,5l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	107,14	75,86	36,21	1,62	0,58
Herstellung Verschluss, Etikett	17,00	10,51	11,17	1,00	0,91
Herstellung Um- und Transportverpackung	5,93	3,87	3,46	0,23	0,21
Abfüllung	7,12	1,71	1,13	0,11	0,05
Distribution	2,05	1,63	1,51	0,03	0,03
Recycling/Entsorgung	67,73	56,09	36,59	0,24	0,26
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-27,12	-7,79	-4,89	-0,30	-0,20
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-37,81	-31,55	-12,82	-0,51	-0,14
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>142,05</b>	<b>110,33</b>	<b>72,37</b>	<b>2,42</b>	<b>1,69</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.2 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 02)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 231: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 02**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

Wirkungskategorie	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2B_SQ-30_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_30-45_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	130,67	75,42	64,90	57,36	53,71
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	2.770,53	1.683,80	1.451,06	12,54	11,95
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	9,34	12,29	10,92	16,73	15,74
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	3,92	1,35	1,23	1,72	1,63
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	171,48	100,91	85,20	3,05	2,68
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	176,45	105,88	89,95	7,80	7,22
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,53	0,41	0,33	0,22	0,20
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	6,11	4,45	3,85	2,70	2,53
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,10	0,11	0,10	0,08	0,08
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	14,68	15,94	14,63	38,12	36,15
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	45,85	34,06	28,99	23,39	21,72
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	36,72	413,94	267,51	256,99	209,08
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,48	0,35	0,29	0,18	0,17

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 232: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 02**

LFD 02: 0,5 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment Bier

Klimawandel (GWP fossil)	2B_SQ-SQ_0,5l-AluEW	2B_SQ-30_0,5l-AluEW	2B_30-30_0,5l-AluEW	2B_30-45_0,5l-AluEW	2B_45-45_0,5l-AluEW
Herstellung Primärverpackung	109,33	56,07	37,56	2,42	2,22
Herstellung Verschluss, Etikett	49,97	35,71	26,35	1,75	1,31
Herstellung Um- und Transportverpackung	33,24	23,34	22,15	4,18	3,96
Abfüllung	4,23	1,30	0,70	0,05	0,02
Distribution	1,59	1,24	1,15	0,02	0,02
Recycling/Entsorgung	22,25	17,91	17,56	0,39	0,38
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-6,20	-1,87	-1,67	-0,06	-0,06
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-37,95	-27,82	-13,85	-0,95	-0,63
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>176,45</b>	<b>105,88</b>	<b>89,95</b>	<b>7,80</b>	<b>7,22</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.3 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 03)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 233: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 03**

LFD 03: 0,5 l Glas MW Flasche, Getränkesegment Bier

Wirkungskategorie	3B_SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3B_SQ-30_0,5l-GlasMW	3B_30-30_0,5l-GlasMW	3B_30-45_0,5l-GlasMW	3B_45-45_0,5l-GlasMW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	39,22	32,67	24,63	22,23	19,14
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	1.033,52	826,91	501,99	24,99	24,27
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,35	5,09	4,90	5,94	5,64
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	1,34	1,19	0,91	0,89	0,88
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	68,23	48,30	28,50	-0,60	-0,96
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	71,66	51,73	31,94	2,84	2,47
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,15	0,11	0,09	0,05	0,04
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	2,09	1,41	0,93	0,52	0,46
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,05	0,04	0,04	0,02	0,01
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	4,08	5,19	4,58	4,41	4,21
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	16,50	12,14	8,44	5,16	4,44
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	9,53	19,98	23,59	19,46	15,96
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,15	0,11	0,08	0,05	0,04

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 234: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 03**

LFD 03: 0,5 l Glas MW Flasche, Getränkesegment Bier

Klimawandel (GWP fossil)	3B_SQ-SQ_0,5l-GlasMW	3B_SQ-30_0,5l-GlasMW	3B_30-30_0,5l-GlasMW	3B_30-45_0,5l-GlasMW	3B_45-45_0,5l-GlasMW
Herstellung Primärverpackung	13,26	8,35	6,08	0,14	0,12
Herstellung Verschluss, Etikett	10,67	5,36	4,72	0,71	0,69
Herstellung Um- und Transportverpackung	1,26	0,48	0,44	0,17	0,14
Abfüllung	26,47	20,39	6,26	0,59	0,34
Distribution	20,24	15,11	12,73	0,24	0,21
Recycling/Entsorgung	4,33	3,63	3,05	1,05	1,02
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-2,04	-0,59	-0,57	-0,03	-0,03
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-2,52	-0,99	-0,79	-0,03	-0,02
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>71,66</b>	<b>51,73</b>	<b>31,94</b>	<b>2,84</b>	<b>2,47</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

#### A.1.4 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 04)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 235: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 04**

LFD 04: 0,33 l Glas MW Flasche, Getränkesegment Bier

Wirkungskategorie	4B_SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4B_SQ-30_0,33l-GlasMW	4B_30-30_0,33l-GlasMW	4B_30-45_0,33l-GlasMW	4B_45-45_0,33l-GlasMW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	56,89	47,36	34,83	30,25	25,17
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	1.467,58	1.208,61	722,19	37,33	36,23
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,41	5,90	5,57	6,94	6,42
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	1,99	1,73	1,30	1,28	1,25
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	97,91	71,20	41,71	0,16	-0,40
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	101,71	75,00	45,51	3,96	3,40
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,21	0,17	0,13	0,07	0,06
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	2,96	2,07	1,34	0,73	0,62
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,06	0,05	0,05	0,02	0,02
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	5,50	6,78	5,83	5,56	5,24
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	23,37	17,70	12,10	7,25	6,07
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	13,91	28,92	34,33	27,23	21,64
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,22	0,17	0,12	0,07	0,06

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 236: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 04**

LFD 04: 0,33 l Glas MW Flasche, Getränkesegment Bier

Klimawandel (GWP fossil)	4B_SQ-SQ_0,33l-GlasMW	4B_SQ-30_0,33l-GlasMW	4B_30-30_0,33l-GlasMW	4B_30-45_0,33l-GlasMW	4B_45-45_0,33l-GlasMW
Herstellung Primärverpackung	21,24	13,38	9,64	0,23	0,19
Herstellung Verschluss, Etikett	14,05	7,23	6,26	0,79	0,76
Herstellung Um- und Transportverpackung	1,65	0,62	0,58	0,22	0,18
Abfüllung	40,10	30,89	9,49	0,90	0,52
Distribution	24,63	19,69	16,89	0,32	0,29
Recycling/Entsorgung	6,43	5,43	4,53	1,59	1,54
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-2,49	-0,72	-0,69	-0,04	-0,04
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-3,90	-1,52	-1,19	-0,05	-0,04
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>101,71</b>	<b>75,00</b>	<b>45,51</b>	<b>3,96</b>	<b>3,40</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.5 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 05)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 237: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 05**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	5B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	5B_SQ-30_1,5l-PETEW	5B_30-30_1,5l-PETEW	5B_30-45_1,5l-PETEW	5B_45-45_1,5l-PETEW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	36,94	30,73	22,21	17,35	9,98
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	1.011,07	706,94	508,84	1,73	1,36
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,30	1,49	1,17	2,45	1,63
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	0,48	0,26	0,20	0,21	0,14
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	60,61	43,54	30,35	0,01	-0,34
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	61,55	44,46	31,26	0,93	0,57
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,12	0,10	0,07	0,04	0,02
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	1,53	1,09	0,78	0,29	0,17
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,16	0,15	0,09	0,08	0,04
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	11,01	2,92	2,13	2,47	1,72
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	11,47	8,20	5,95	2,51	1,49
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	3,19	51,91	35,96	28,14	14,64
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,11	0,09	0,06	0,03	0,02

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 238: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 05**

LFD 05: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	5B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	5B_SQ-30_1,5l-PETEW	5B_30-30_1,5l-PETEW	5B_30-45_1,5l-PETEW	5B_45-45_1,5l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	45,28	29,35	16,56	0,76	0,27
Herstellung Verschluss, Etikett	4,38	2,82	2,90	0,20	0,16
Herstellung Um- und Transportverpackung	4,11	2,68	2,41	0,17	0,15
Abfüllung	3,17	0,75	0,50	0,05	0,02
Distribution	0,69	0,54	0,49	0,01	0,01
Recycling/Entsorgung	28,14	22,58	15,84	0,10	0,11
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-10,63	-3,04	-2,07	-0,13	-0,08
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-13,59	-11,22	-5,37	-0,23	-0,07
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>61,55</b>	<b>44,46</b>	<b>31,26</b>	<b>0,93</b>	<b>0,57</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.6 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 06)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 239: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 06**

LFD 06: 1,25 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	6B_SQ-SQ_1,25l-PETEW	6B_SQ-30_1,25l-PETEW	6B_30-30_1,25l-PETEW	6B_30-45_1,25l-PETEW	6B_45-45_1,25l-PETEW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	44,91	37,98	26,58	20,87	12,36
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	1.212,57	850,51	587,77	2,10	1,67
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,36	2,43	2,00	3,46	2,51
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	0,59	0,34	0,26	0,27	0,19
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	71,97	52,19	34,78	-0,21	-0,62
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	73,44	53,57	36,15	1,16	0,75
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,15	0,12	0,08	0,04	0,03
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	1,85	1,33	0,92	0,35	0,21
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,19	0,18	0,11	0,10	0,05
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	13,54	3,94	2,87	3,19	2,34
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	13,85	10,08	7,07	3,08	1,90
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	3,90	63,36	41,95	32,78	17,17
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,14	0,11	0,07	0,03	0,02

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 240: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 06**

LFD 06: 1,25 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	6B_SQ-SQ_1,25l-PETEW	6B_SQ-30_1,25l-PETEW	6B_30-30_1,25l-PETEW	6B_30-45_1,25l-PETEW	6B_45-45_1,25l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	54,38	35,99	19,10	0,88	0,32
Herstellung Verschluss, Etikett	6,07	3,70	3,96	0,35	0,30
Herstellung Um- und Transportverpackung	4,27	2,79	2,50	0,18	0,16
Abfüllung	3,57	0,85	0,57	0,05	0,02
Distribution	0,77	0,61	0,55	0,01	0,01
Recycling/Entsorgung	33,86	27,12	18,24	0,12	0,13
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-12,74	-3,65	-2,41	-0,15	-0,10
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-16,75	-13,84	-6,35	-0,28	-0,09
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>73,44</b>	<b>53,57</b>	<b>36,15</b>	<b>1,16</b>	<b>0,75</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.7 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 07)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 241: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 07**

LFD 07: 1,0 l PET EW Flasche mit Kasten, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	7B_SQ-SQ_1,0l-PETEWK	7B_SQ-30_1,0l-PETEWK	7B_30-30_1,0l-PETEWK	7B_30-45_1,0l-PETEWK	7B_45-45_1,0l-PETEWK
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	44,67	28,92	23,76	17,81	13,98
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	998,10	618,27	496,36	2,27	1,96
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,30	2,98	2,80	3,90	3,49
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	0,49	0,36	0,31	0,29	0,23
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	59,89	34,77	26,88	-1,01	-1,30
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	62,59	37,01	29,11	1,23	0,93
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,13	0,09	0,07	0,04	0,03
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	1,55	0,97	0,79	0,28	0,23
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,12	0,11	0,08	0,07	0,05
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	8,61	3,53	3,02	2,79	2,42
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	12,03	7,70	6,35	2,62	2,10
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	2,94	44,18	34,36	23,95	17,66
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,12	0,08	0,06	0,03	0,02

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 242: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 07**

LFD 07: 1,0 l PET EW Flasche mit Kasten, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	7B_SQ-SQ_1,0l-PETEWK	7B_SQ-30_1,0l-PETEWK	7B_30-30_1,0l-PETEWK	7B_30-45_1,0l-PETEWK	7B_45-45_1,0l-PETEWK
Herstellung Primärverpackung	33,69	18,22	10,50	0,54	0,34
Herstellung Verschluss, Etikett	8,75	5,14	5,47	0,58	0,51
Herstellung Um- und Transportverpackung	0,92	0,43	0,34	0,02	0,02
Abfüllung	4,16	0,99	0,66	0,06	0,03
Distribution	2,96	2,46	2,18	0,05	0,04
Recycling/Entsorgung	25,38	16,67	13,04	0,16	0,15
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-7,38	-2,09	-1,57	-0,09	-0,09
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-5,88	-4,83	-1,51	-0,08	-0,08
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>62,59</b>	<b>37,01</b>	<b>29,11</b>	<b>1,23</b>	<b>0,93</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.8 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 08)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 243: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 08**

LFD 08: 0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	8B_SQ-SQ_0,5l-PETEW	8B_SQ-30_0,5l-PETEW	8B_30-30_0,5l-PETEW	8B_30-45_0,5l-PETEW	8B_45-45_0,5l-PETEW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	71,66	56,97	41,69	32,64	19,31
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	1.815,63	1.277,24	928,99	3,64	2,87
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,50	4,08	3,21	5,39	3,89
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	0,92	0,57	0,44	0,45	0,30
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	107,29	78,02	55,18	0,02	-0,61
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	109,46	79,99	56,98	1,81	1,18
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,22	0,18	0,13	0,07	0,04
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	2,74	1,99	1,44	0,54	0,33
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,27	0,25	0,16	0,15	0,06
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	20,32	6,05	4,48	4,85	3,51
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	20,54	15,04	11,02	4,72	2,92
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	5,81	92,12	64,34	51,46	27,10
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,20	0,16	0,12	0,05	0,03

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 244: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 08**

LFD 08: 0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	8B_SQ-SQ_0,5l-PETEW	8B_SQ-30_0,5l-PETEW	8B_30-30_0,5l-PETEW	8B_30-45_0,5l-PETEW	8B_45-45_0,5l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	73,47	49,35	27,47	1,25	0,43
Herstellung Verschluss, Etikett	14,22	8,80	8,70	0,71	0,61
Herstellung Um- und Transportverpackung	5,64	3,68	3,28	0,23	0,20
Abfüllung	7,12	1,71	1,13	0,11	0,05
Distribution	0,97	0,77	0,70	0,01	0,01
Recycling/Entsorgung	51,66	41,04	29,44	0,19	0,20
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-19,67	-5,61	-3,91	-0,24	-0,16
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-23,95	-19,74	-9,83	-0,44	-0,16
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>109,46</b>	<b>79,99</b>	<b>56,98</b>	<b>1,81</b>	<b>1,18</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.9 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 09)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 245: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 09**

LFD 09: 0,33 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	9B_SQ-SQ_0,33l-AluEW	9B_SQ-30_0,33l-AluEW	9B_30-30_0,33l-AluEW	9B_30-45_0,33l-AluEW	9B_45-45_0,33l-AluEW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	181,05	104,56	90,59	82,42	77,04
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	3.821,89	2.347,35	2.037,61	18,63	17,73
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	13,97	17,99	16,11	24,73	23,24
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	5,40	1,95	1,78	2,53	2,39
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	241,12	141,90	120,94	4,16	3,63
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	248,66	149,43	128,16	11,37	10,52
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,74	0,58	0,46	0,32	0,29
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	8,67	6,31	5,50	3,88	3,63
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,15	0,16	0,15	0,12	0,11
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	21,26	22,97	21,17	57,05	54,08
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	65,02	48,25	41,45	33,86	31,41
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	49,96	567,85	373,59	360,26	291,37
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,67	0,49	0,40	0,26	0,24

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 246: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 09**

LFD 09: 0,33 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	9B_SQ-SQ_0,33l-AluEW	9B_SQ-30_0,33l-AluEW	9B_30-30_0,33l-AluEW	9B_30-45_0,33l-AluEW	9B_45-45_0,33l-AluEW
Herstellung Primärverpackung	144,24	71,79	49,18	3,20	2,95
Herstellung Verschluss, Etikett	75,71	54,11	39,92	2,66	1,98
Herstellung Um- und Transportverpackung	50,39	35,37	33,58	6,33	6,00
Abfüllung	5,57	1,72	0,92	0,07	0,03
Distribution	4,56	3,56	3,36	0,07	0,07
Recycling/Entsorgung	30,03	24,48	23,90	0,53	0,51
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-9,08	-2,74	-2,45	-0,09	-0,08
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-52,76	-38,87	-20,27	-1,39	-0,93
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>248,66</b>	<b>149,43</b>	<b>128,16</b>	<b>11,37</b>	<b>10,52</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

#### **A.1.10 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 10)**

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 247: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 10**

LFD 10: 0,25 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	10B_SQ-SQ_0,25l-AluEW	10B_SQ-30_0,25l-AluEW	10B_30-30_0,25l-AluEW	10B_30-45_0,25l-AluEW	10B_45-45_0,25l-AluEW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	221,56	127,90	111,12	103,66	96,70
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	4.649,35	2.878,10	2.504,26	24,18	22,99
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	18,24	23,08	20,77	31,88	29,94
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	6,56	2,47	2,25	3,26	3,07
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	298,77	175,36	150,14	5,14	4,46
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	308,58	185,17	159,52	14,52	13,41
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,91	0,71	0,57	0,39	0,36
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	10,82	7,86	6,89	4,91	4,59
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,18	0,20	0,18	0,15	0,14
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	26,97	29,09	26,85	74,54	70,63
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	81,11	60,11	51,92	42,99	39,83
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	60,00	687,55	458,51	443,57	356,68
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,82	0,61	0,50	0,32	0,30

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 248: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 10**

LFD 10: 0,25 l Getränkendose aus Aluminium, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	10B_SQ-SQ_0,25l-AluEW	10B_SQ-30_0,25l-AluEW	10B_30-30_0,25l-AluEW	10B_30-45_0,25l-AluEW	10B_45-45_0,25l-AluEW
Herstellung Primärverpackung	168,03	81,01	56,50	3,72	3,45
Herstellung Verschluss, Etikett	99,93	71,43	52,70	3,51	2,61
Herstellung Um- und Transportverpackung	66,31	46,56	44,20	8,35	7,91
Abfüllung	7,36	2,27	1,22	0,09	0,04
Distribution	7,51	5,83	5,52	0,12	0,11
Recycling/Entsorgung	35,61	29,38	28,44	0,62	0,59
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-11,55	-3,48	-3,13	-0,11	-0,10
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-64,62	-47,82	-25,94	-1,78	-1,20
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>308,58</b>	<b>185,17</b>	<b>159,52</b>	<b>14,52</b>	<b>13,41</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.11 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 11)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 249: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 11**

LFD 11: 1,0 l PET MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	11B_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11B_SQ-30_1,0l-PETMW	11B_30-30_1,0l-PETMW	11B_30-45_1,0l-PETMW	11B_45-45_1,0l-PETMW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	30,99	18,56	13,98	11,31	7,51
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	671,32	508,52	330,46	2,50	1,64
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,14	0,59	0,57	1,43	1,10
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	0,63	0,53	0,39	0,39	0,18
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	39,94	29,94	19,20	-0,41	-0,70
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	41,04	31,04	20,30	0,69	0,40
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,07	0,06	0,04	0,02	0,02
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	0,99	0,70	0,47	0,15	0,11
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	9,99	1,74	1,39	1,36	0,77
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	7,56	5,44	3,77	1,37	0,90
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	2,32	18,86	18,93	14,88	9,77
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,07	0,05	0,04	0,02	0,01

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 250: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 11**

LFD 11: 1,0 l PET MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	11B_SQ-SQ_1,0l-PETMW	11B_SQ-30_1,0l-PETMW	11B_30-30_1,0l-PETMW	11B_30-45_1,0l-PETMW	11B_45-45_1,0l-PETMW
Herstellung Primärverpackung	7,93	5,30	3,55	0,16	0,08
Herstellung Verschluss, Etikett	8,29	5,59	5,41	0,24	0,21
Herstellung Um- und Transportverpackung	1,06	0,49	0,38	0,02	0,02
Abfüllung	18,38	12,08	4,17	0,37	0,16
Distribution	3,92	3,05	2,51	0,05	0,05
Recycling/Entsorgung	10,47	9,14	7,99	0,02	0,02
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-5,31	-1,50	-1,33	-0,08	-0,07
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-3,72	-3,12	-2,38	-0,09	-0,06
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>41,04</b>	<b>31,04</b>	<b>20,30</b>	<b>0,69</b>	<b>0,40</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### **A.1.12 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 12)**

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 251: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 12**

LFD 12: 0,75 l Glas MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	12B_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12B_SQ-30_0,75l-GlasMW	12B_30-30_0,75l-GlasMW	12B_30-45_0,75l-GlasMW	12B_45-45_0,75l-GlasMW
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	35,49	33,01	26,65	23,80	20,70
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	897,23	718,17	458,08	9,28	9,09
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,30	4,20	4,15	5,34	5,05
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	1,13	1,05	0,81	0,80	0,79
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	58,02	43,00	27,19	-0,95	-1,25
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	60,96	45,94	30,14	1,99	1,69
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,13	0,10	0,08	0,05	0,04
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	1,77	1,23	0,87	0,49	0,45
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	4,65	4,54	4,07	3,95	3,77
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	13,80	10,23	7,54	4,58	4,08
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	2,21	35,03	38,48	47,10	43,37
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,13	0,09	0,07	0,04	0,04

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 252: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 12**

LFD 12: 0,75 l Glas MW Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	12B_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	12B_SQ-30_0,75l-GlasMW	12B_30-30_0,75l-GlasMW	12B_30-45_0,75l-GlasMW	12B_45-45_0,75l-GlasMW
Herstellung Primärverpackung	13,25	8,51	7,07	0,14	0,13
Herstellung Verschluss, Etikett	15,54	9,08	8,82	1,16	1,12
Herstellung Um- und Transportverpackung	1,15	0,44	0,40	0,15	0,13
Abfüllung	22,98	18,42	5,55	0,53	0,30
Distribution	11,66	8,66	7,65	0,14	0,13
Recycling/Entsorgung	6,20	5,55	5,25	0,04	0,04
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-3,79	-1,10	-1,07	-0,06	-0,06
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-6,05	-3,62	-3,52	-0,10	-0,09
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>60,96</b>	<b>45,94</b>	<b>30,14</b>	<b>1,99</b>	<b>1,69</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.13 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 13)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 253: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 13**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	13B_SQ-SQ_0,7l-GlasMWP	13B_SQ-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-45_0,7l-GlasMWP	13B_45-45_0,7l-GlasMWP
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	35,67	33,33	27,86	25,12	21,78
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	915,72	727,80	470,70	9,91	9,26
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,35	5,00	5,01	6,27	5,76
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	1,16	1,10	0,85	0,84	0,82
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	58,33	43,11	27,48	-1,36	-1,60
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	61,86	46,64	31,01	2,17	1,80
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,13	0,10	0,09	0,05	0,04
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	1,78	1,25	0,91	0,52	0,46
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	5,03	5,02	4,60	4,47	4,17
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	13,90	10,37	7,86	4,84	4,25
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	2,32	36,03	40,51	49,96	44,13
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,13	0,10	0,08	0,04	0,04

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 254: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 13**

LFD 13: 0,7 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	13B_SQ-SQ_0,7l-GlasMWP	13B_SQ-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-30_0,7l-GlasMWP	13B_30-45_0,7l-GlasMWP	13B_45-45_0,7l-GlasMWP
Herstellung Primärverpackung	11,88	7,62	6,72	0,13	0,12
Herstellung Verschluss, Etikett	17,18	9,91	9,76	1,34	1,23
Herstellung Um- und Transportverpackung	1,12	0,43	0,41	0,15	0,14
Abfüllung	23,48	18,70	5,65	0,54	0,31
Distribution	11,99	9,07	7,77	0,14	0,13
Recycling/Entsorgung	6,43	5,79	5,56	0,04	0,04
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-4,20	-1,22	-1,19	-0,07	-0,07
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-6,02	-3,66	-3,67	-0,10	-0,10
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>61,86</b>	<b>46,64</b>	<b>31,01</b>	<b>2,17</b>	<b>1,80</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

#### **A.1.14 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 14)**

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 255: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 14**

LFD 14: 0,5 l Glas MW Individual Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	14B_SQ-SQ_0,5l-GlasMWI	14B_SQ-30_0,5l-GlasMWI	14B_30-30_0,5l-GlasMWI	14B_30-45_0,5l-GlasMWI	14B_45-45_0,5l-GlasMWI
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	61,84	66,60	41,87	35,53	28,56
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	1.375,82	1.120,24	669,88	13,27	12,34
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,34	6,16	4,97	6,46	5,77
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	1,34	1,29	0,93	0,92	0,88
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	94,10	68,90	41,01	-0,31	-0,77
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	97,01	71,81	43,91	2,60	2,13
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,24	0,19	0,13	0,07	0,06
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	3,12	2,24	1,35	0,77	0,64
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	6,25	6,72	5,08	4,80	4,37
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	24,38	18,72	11,57	7,11	5,82
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	3,46	61,61	57,61	71,67	62,44
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,24	0,18	0,11	0,06	0,05

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 256: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 14**

LFD 14: 0,5 l Glas MW Individual Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	14B_SQ-SQ_0,5l-GlasMWI	14B_SQ-30_0,5l-GlasMWI	14B_30-30_0,5l-GlasMWI	14B_30-45_0,5l-GlasMWI	14B_45-45_0,5l-GlasMWI
Herstellung Primärverpackung	39,04	26,72	14,43	0,28	0,22
Herstellung Verschluss, Etikett	21,88	13,08	12,87	1,55	1,45
Herstellung Um- und Transportverpackung	1,30	0,49	0,44	0,17	0,14
Abfüllung	26,47	20,39	6,26	0,59	0,34
Distribution	14,29	10,30	9,11	0,17	0,15
Recycling/Entsorgung	10,42	9,31	8,05	0,07	0,06
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-5,04	-1,46	-1,41	-0,09	-0,08
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-11,35	-7,02	-5,84	-0,15	-0,15
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>97,01</b>	<b>71,81</b>	<b>43,91</b>	<b>2,60</b>	<b>2,13</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.15 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 15)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 257: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien (LFD 15)**

LFD 15: 0,33 l Glas MW Individual Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Wirkungskategorie	15B_SQ-SQ_0,33l-GlasMWI	15B_SQ-30_0,33l-GlasMWI	15B_30-30_0,33l-GlasMWI	15B_30-45_0,33l-GlasMWI	15B_45-45_0,33l-GlasMWI
priorisierter KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	78,15	80,04	45,35	37,79	31,13
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	1.626,45	1.348,38	696,18	37,49	38,27
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,45	7,93	6,33	7,72	7,12
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	2,02	1,90	1,37	1,33	1,30
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	111,55	80,01	39,80	-0,10	-0,56
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	115,61	84,08	43,86	3,96	3,51
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,28	0,22	0,13	0,07	0,06
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	3,68	2,69	1,42	0,81	0,69
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,08	0,05	0,04	0,02	0,02
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	6,88	9,19	6,81	6,44	6,00
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	29,01	23,22	12,93	8,17	6,81
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	13,95	39,09	35,77	27,85	22,34
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,28	0,22	0,13	0,07	0,06

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 258: Klimawandel: Sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse (LFD 15)**

LFD 15: 0,33 l Glas MW Individual Flasche, Getränkesegment karbonisierte Getränke

Prozessschritt	15B_SQ-SQ_0,33l-GlasMWI	15B_SQ-30_0,33l-GlasMWI	15B_30-30_0,33l-GlasMWI	15B_30-45_0,33l-GlasMWI	15B_45-45_0,33l-GlasMWI
Herstellung Primärverpackung	48,14	31,55	14,77	0,29	0,23
Herstellung Verschluss, Etikett	14,58	7,45	6,49	0,86	0,84
Herstellung Um- und Transportverpackung	1,64	0,62	0,56	0,21	0,18
Abfüllung	40,10	30,89	9,49	0,90	0,52
Distribution	15,23	12,08	10,96	0,21	0,19
Recycling/Entsorgung	8,01	6,74	4,80	1,61	1,65
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-2,60	-0,75	-0,72	-0,04	-0,04
Gutschrift für die Allokation von ersetzttem Primärmaterial	-9,49	-4,50	-2,48	-0,07	-0,05
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>115,61</b>	<b>84,08</b>	<b>43,86</b>	<b>3,96</b>	<b>3,51</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

#### **A.1.16 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 16)**

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 259: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 16**

LFD 16: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	16B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	16B_SQ-30_1,0l-GVKEW	16B_30-30_1,0l-GVKEW	16B_30-45_1,0l-GVKEW	16B_45-45_1,0l-GVKEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	66,19	23,85	15,45	95,21	91,02
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	1.244,73	746,26	542,50	7,34	6,87
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	11,68	8,42	8,16	56,85	52,33
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	2,09	1,40	1,41	0,47	0,39
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	46,66	20,99	6,86	-17,82	-13,99
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	66,04	38,78	26,38	3,21	3,01
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,22	0,16	0,12	0,12	0,12
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	2,92	1,85	1,48	1,56	1,49
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	20,35	9,78	11,19	38,40	36,99
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	22,18	14,06	11,18	14,39	13,71
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	14,11	122,23	32,14	44,13	40,38
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,21	0,14	0,11	0,12	0,11

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 260: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 16**

LFD 16: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment stille Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	16B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	16B_SQ-30_1,0l-GVKEW	16B_30-30_1,0l-GVKEW	16B_30-45_1,0l-GVKEW	16B_45-45_1,0l-GVKEW
Herstellung Primärverpackung	40,84	25,57	15,69	1,09	1,07
Herstellung Verschluss, Etikett	9,48	5,45	4,93	0,27	0,22
Herstellung Um- und Transportverpackung	13,11	1,08	1,01	1,66	1,57
Abfüllung	7,24	1,68	1,14	0,10	0,04
Distribution	0,96	0,76	0,71	0,01	0,01
Recycling/Entsorgung	21,84	17,56	15,56	0,59	0,60
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-24,74	-11,87	-11,04	-0,36	-0,35
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-2,68	-1,45	-1,62	-0,15	-0,16
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>66,04</b>	<b>38,78</b>	<b>26,38</b>	<b>3,21</b>	<b>3,01</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

#### **A.1.17 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 17)**

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 261: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 17**

LFD 17: 1,5 l PET EW Flasche mit Kasten, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	17B_SQ-SQ_1,5l-PETEWK	17B_SQ-30_1,5l-PETEWK	17B_30-30_1,5l-PETEWK	17B_30-45_1,5l-PETEWK	17B_45-45_1,5l-PETEWK
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	33,72	21,09	15,65	11,38	8,57
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	786,86	490,09	361,80	1,40	1,17
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,18	0,93	0,73	1,58	1,29
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	0,35	0,22	0,17	0,16	0,11
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	48,48	27,94	19,94	-0,33	-0,56
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	49,56	28,99	20,99	0,72	0,49
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,10	0,07	0,05	0,02	0,02
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	1,19	0,72	0,53	0,17	0,13
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,10	0,09	0,05	0,05	0,03
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	6,36	1,92	1,40	1,27	0,99
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	9,20	5,59	4,20	1,53	1,14
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	2,22	34,57	24,60	16,91	12,33
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,09	0,06	0,04	0,02	0,01

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 262: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 17**

LFD 17: 1,5 l PET EW Flasche mit Kasten, Getränkesegment stille Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	17B_SQ-SQ_1,5l-PETEWK	17B_SQ-30_1,5l-PETEWK	17B_30-30_1,5l-PETEWK	17B_30-45_1,5l-PETEWK	17B_45-45_1,5l-PETEWK
Herstellung Primärverpackung	28,09	14,77	7,91	0,41	0,26
Herstellung Verschluss, Etikett	4,78	3,10	3,23	0,21	0,16
Herstellung Um- und Transportverpackung	1,21	0,55	0,43	0,02	0,02
Abfüllung	3,17	0,75	0,50	0,05	0,02
Distribution	2,00	1,80	1,48	0,03	0,03
Recycling/Entsorgung	20,29	13,22	9,48	0,11	0,11
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-5,56	-1,57	-1,09	-0,07	-0,06
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-4,42	-3,64	-0,96	-0,05	-0,05
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>49,56</b>	<b>28,99</b>	<b>20,99</b>	<b>0,72</b>	<b>0,49</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

#### **A.1.18 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 18)**

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 263: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 18**

LFD 18: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	18B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	18B_SQ-30_1,5l-PETEW	18B_30-30_1,5l-PETEW	18B_30-45_1,5l-PETEW	18B_45-45_1,5l-PETEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	35,77	29,65	21,63	16,96	9,74
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	978,17	682,25	495,99	1,71	1,33
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,30	1,48	1,17	2,43	1,63
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	0,47	0,26	0,20	0,21	0,14
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	58,70	42,01	29,61	-0,02	-0,37
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	59,66	42,94	30,54	0,91	0,55
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,12	0,09	0,07	0,04	0,02
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	1,48	1,05	0,76	0,28	0,17
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,15	0,14	0,09	0,08	0,04
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	10,61	2,83	2,08	2,43	1,70
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	11,10	7,92	5,80	2,45	1,45
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	3,07	49,87	34,81	27,36	14,18
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,11	0,08	0,06	0,03	0,02

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 264: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 18**

LFD 18: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	18B_SQ-SQ_1,5l-PETEW	18B_SQ-30_1,5l-PETEW	18B_30-30_1,5l-PETEW	18B_30-45_1,5l-PETEW	18B_45-45_1,5l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	43,44	27,99	15,85	0,73	0,26
Herstellung Verschluss, Etikett	4,25	2,73	2,93	0,20	0,16
Herstellung Um- und Transportverpackung	4,29	2,80	2,51	0,17	0,16
Abfüllung	3,17	0,75	0,50	0,05	0,02
Distribution	0,68	0,53	0,49	0,01	0,01
Recycling/Entsorgung	27,18	21,83	15,52	0,10	0,10
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-10,33	-2,96	-2,05	-0,12	-0,08
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-13,02	-10,73	-5,21	-0,23	-0,07
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>59,66</b>	<b>42,94</b>	<b>30,54</b>	<b>0,91</b>	<b>0,55</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

#### **A.1.19 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 19)**

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 265: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 19**

LFD 19: 1,0 l PET EW Flasche mit Kasten, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	19B_SQ-SQ_1,0l-PETEWK	19B_SQ-30_1,0l-PETEWK	19B_30-30_1,0l-PETEWK	19B_30-45_1,0l-PETEWK	19B_45-45_1,0l-PETEWK
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	42,58	26,35	21,10	15,44	11,65
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	976,33	616,93	491,83	1,96	1,65
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,22	1,21	1,02	2,13	1,73
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	0,45	0,28	0,23	0,21	0,16
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	59,97	35,41	27,41	-0,27	-0,56
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	61,25	36,64	28,63	0,96	0,67
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,12	0,08	0,07	0,03	0,03
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	1,48	0,91	0,73	0,23	0,18
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,12	0,11	0,07	0,06	0,05
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	8,09	2,42	1,92	1,75	1,39
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	11,42	7,10	5,74	2,08	1,57
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	2,79	42,80	32,98	23,27	17,04
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,11	0,07	0,06	0,02	0,02

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 266: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 19**

LFD 19: 1,0 l PET EW Flasche mit Kasten, Getränkesegment stille Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	19B_SQ-SQ_1,0l-PETEWK	19B_SQ-30_1,0l-PETEWK	19B_30-30_1,0l-PETEWK	19B_30-45_1,0l-PETEWK	19B_45-45_1,0l-PETEWK
Herstellung Primärverpackung	33,12	17,85	10,30	0,53	0,34
Herstellung Verschluss, Etikett	7,21	4,67	4,86	0,32	0,25
Herstellung Um- und Transportverpackung	0,92	0,43	0,34	0,02	0,02
Abfüllung	4,16	0,99	0,66	0,06	0,03
Distribution	2,95	2,46	2,17	0,05	0,04
Recycling/Entsorgung	25,80	16,92	13,23	0,15	0,14
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-7,25	-2,04	-1,51	-0,09	-0,08
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-5,67	-4,65	-1,41	-0,08	-0,07
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>61,25</b>	<b>36,64</b>	<b>28,63</b>	<b>0,96</b>	<b>0,67</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.20 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 20)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 267: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 20**

LFD 20: 1,0 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	20B_SQ-SQ_1,0l-PETEW	20B_SQ-30_1,0l-PETEW	20B_30-30_1,0l-PETEW	20B_30-45_1,0l-PETEW	20B_45-45_1,0l-PETEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	53,11	44,29	30,56	24,28	13,96
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	1.466,58	1.047,84	729,20	2,53	1,99
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,43	2,01	1,50	3,33	2,17
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	0,69	0,37	0,27	0,29	0,19
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	87,58	64,79	43,74	0,02	-0,47
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	88,88	66,08	45,03	1,30	0,81
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,18	0,14	0,10	0,05	0,03
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	2,25	1,61	1,12	0,40	0,23
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,23	0,22	0,13	0,12	0,05
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	16,03	4,16	2,88	3,42	2,38
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	16,92	12,22	8,58	3,51	2,09
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	4,75	75,29	49,64	39,48	20,55
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,17	0,13	0,09	0,04	0,02

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 268: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 20**

LFD 20: 1,0 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	20B_SQ-SQ_1,0l-PETEW	20B_SQ-30_1,0l-PETEW	20B_30-30_1,0l-PETEW	20B_30-45_1,0l-PETEW	20B_45-45_1,0l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	63,26	42,43	22,36	1,02	0,36
Herstellung Verschluss, Etikett	6,95	4,52	4,71	0,30	0,23
Herstellung Um- und Transportverpackung	5,07	3,32	2,95	0,22	0,20
Abfüllung	4,16	0,99	0,66	0,06	0,03
Distribution	3,67	2,84	2,68	0,06	0,06
Recycling/Entsorgung	40,97	32,78	22,07	0,14	0,15
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-15,35	-4,39	-2,89	-0,17	-0,11
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-19,85	-16,41	-7,51	-0,33	-0,10
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>88,88</b>	<b>66,08</b>	<b>45,03</b>	<b>1,30</b>	<b>0,81</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.21 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 21)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 269: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 21**

LFD 21: 0,75 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	21B_SQ-SQ_0,75l-PETEW	21B_SQ-30_0,75l-PETEW	21B_30-30_0,75l-PETEW	21B_30-45_0,75l-PETEW	21B_45-45_0,75l-PETEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	61,12	49,22	35,52	28,94	17,38
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	1.674,13	1.202,70	879,48	3,14	2,50
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,57	2,45	1,93	4,16	2,86
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	0,77	0,42	0,33	0,34	0,23
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	100,43	74,80	53,49	-0,20	-0,75
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	102,25	76,59	55,28	1,58	1,03
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,20	0,16	0,12	0,06	0,04
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	2,62	1,87	1,37	0,49	0,30
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,24	0,23	0,14	0,13	0,06
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	17,84	4,65	3,39	4,17	3,01
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	19,71	14,20	10,53	4,20	2,63
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	5,44	82,17	56,78	46,24	25,13
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,19	0,15	0,11	0,05	0,03

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 270: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 21**

LFD 21: 0,75 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	21B_SQ-SQ_0,75l-PETEW	21B_SQ-30_0,75l-PETEW	21B_30-30_0,75l-PETEW	21B_30-45_0,75l-PETEW	21B_45-45_0,75l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	65,80	44,10	24,22	1,10	0,39
Herstellung Verschluss, Etikett	8,76	5,63	5,70	0,38	0,29
Herstellung Um- und Transportverpackung	8,20	5,35	4,79	0,33	0,30
Abfüllung	5,15	1,23	0,82	0,08	0,03
Distribution	7,66	5,90	5,59	0,13	0,12
Recycling/Entsorgung	46,28	37,30	26,53	0,16	0,17
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-17,95	-5,14	-3,59	-0,22	-0,15
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-21,65	-17,79	-8,79	-0,39	-0,14
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>102,25</b>	<b>76,59</b>	<b>55,28</b>	<b>1,58</b>	<b>1,03</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.22 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 22)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 271: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 22**

LFD 22: 0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	22B_SQ-SQ_0,5l-PETEW	22B_SQ-30_0,5l-PETEW	22B_30-30_0,5l-PETEW	22B_30-45_0,5l-PETEW	22B_45-45_0,5l-PETEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	68,26	51,84	37,73	29,37	16,66
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	1.716,00	1.211,39	883,74	3,28	2,50
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,41	2,25	1,73	3,83	2,40
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	0,85	0,48	0,36	0,37	0,23
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	102,58	74,72	53,18	0,56	-0,05
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	103,59	75,72	54,17	1,54	0,93
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,20	0,16	0,12	0,07	0,04
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	2,56	1,84	1,33	0,48	0,28
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,25	0,23	0,14	0,13	0,06
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	18,77	4,76	3,43	3,87	2,59
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	19,11	13,77	10,05	4,10	2,39
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	5,38	86,37	59,96	48,36	25,27
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,19	0,15	0,11	0,05	0,03

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 272: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 22**

LFD 22: 0,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	22B_SQ-SQ_0,5l-PETEW	22B_SQ-30_0,5l-PETEW	22B_30-30_0,5l-PETEW	22B_30-45_0,5l-PETEW	22B_45-45_0,5l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	69,43	46,36	25,37	1,15	0,41
Herstellung Verschluss, Etikett	12,38	8,05	8,46	0,52	0,39
Herstellung Um- und Transportverpackung	5,52	3,60	3,24	0,22	0,20
Abfüllung	7,12	1,71	1,13	0,11	0,05
Distribution	0,93	0,74	0,67	0,01	0,01
Recycling/Entsorgung	49,29	39,18	28,38	0,17	0,18
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-18,45	-5,28	-3,74	-0,23	-0,15
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-22,63	-18,64	-9,34	-0,42	-0,16
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>103,59</b>	<b>75,72</b>	<b>54,17</b>	<b>1,54</b>	<b>0,93</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.23 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 23)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 273: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 23**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP	23B_SQ-30_1,0l-PETMWP	23B_30-30_1,0l-PETMWP	23B_30-45_1,0l-PETMWP	23B_45-45_1,0l-PETMWP
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	31,15	18,35	13,79	11,16	7,53
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	666,89	506,16	326,26	2,49	1,65
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,14	0,58	0,56	1,42	1,10
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	0,63	0,53	0,39	0,38	0,18
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	39,66	29,77	18,93	-0,41	-0,70
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	40,76	30,87	20,03	0,69	0,40
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,07	0,05	0,04	0,02	0,02
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	0,99	0,70	0,47	0,15	0,11
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	9,91	1,71	1,37	1,34	0,77
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	7,51	5,39	3,72	1,35	0,90
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	2,31	18,33	18,56	14,60	9,78
Feinstaub PM2,5 [kg PM 2,5- Äquivalente]	0,07	0,05	0,04	0,02	0,01

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 274: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 23**

LFD 23: 1,0 l PET MW Pool Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	23B_SQ-SQ_1,0l-PETMWP	23B_SQ-30_1,0l-PETMWP	23B_30-30_1,0l-PETMWP	23B_30-45_1,0l-PETMWP	23B_45-45_1,0l-PETMWP
Herstellung Primärverpackung	7,17	4,80	3,29	0,15	0,08
Herstellung Verschluss, Etikett	8,53	5,75	5,41	0,24	0,21
Herstellung Um- und Transportverpackung	1,14	0,52	0,41	0,02	0,02
Abfüllung	18,38	12,08	4,17	0,37	0,16
Distribution	4,06	3,15	2,50	0,05	0,05
Recycling/Entsorgung	10,31	9,04	7,86	0,02	0,02
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-5,29	-1,49	-1,32	-0,08	-0,07
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-3,55	-2,98	-2,29	-0,09	-0,06
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>40,76</b>	<b>30,87</b>	<b>20,03</b>	<b>0,69</b>	<b>0,40</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

#### **A.1.24 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 24)**

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 275: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 24**

LFD 24: 0,75 l Glas MW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Wirkungskategorie	24B_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24B_SQ-30_0,75l-GlasMW	24B_30-30_0,75l-GlasMW	24B_30-45_0,75l-GlasMW	24B_45-45_0,75l-GlasMW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	34,36	34,08	26,43	23,58	20,29
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	910,03	735,77	464,10	7,97	7,50
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,29	4,06	3,93	5,13	4,82
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	1,08	1,05	0,80	0,79	0,77
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	58,78	44,25	27,74	-0,96	-1,30
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	61,61	47,08	30,57	1,87	1,53
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,13	0,10	0,08	0,05	0,04
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	1,77	1,26	0,86	0,47	0,42
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	4,64	4,49	3,94	3,83	3,64
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	13,86	10,43	7,45	4,39	3,85
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	2,17	31,26	34,86	40,95	35,56
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,13	0,10	0,07	0,04	0,03

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 276: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 24**

LFD 24: 0,75 l Glas MW Flasche, Getränkesegment stille Getränke

Klimawandel (GWP fossil)	24B_SQ-SQ_0,75l-GlasMW	24B_SQ-30_0,75l-GlasMW	24B_30-30_0,75l-GlasMW	24B_30-45_0,75l-GlasMW	24B_45-45_0,75l-GlasMW
Herstellung Primärverpackung	28,23%	19,76%	15,01%	0,29%	0,27%
Herstellung Verschluss, Etikett	31,29%	18,37%	18,03%	2,21%	2,07%
Herstellung Um- und Transportverpackung	2,60%	0,98%	0,85%	0,31%	0,29%
Abfüllung	48,82%	39,12%	11,78%	1,12%	0,65%
Distribution	25,33%	18,79%	16,72%	0,31%	0,28%
Recycling/Entsorgung	14,56%	13,06%	12,23%	0,08%	0,08%
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-8,60%	-2,50%	-2,42%	-0,15%	-0,15%
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-11,37%	-7,60%	-7,27%	-0,23%	-0,23%
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>130,86%</b>	<b>100,00%</b>	<b>64,92%</b>	<b>3,96%</b>	<b>3,26%</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.25 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 25)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 277: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 25**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

Wirkungskategorie	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25B_SQ-30_1,0l-GVKEW	25B_30-30_1,0l-GVKEW	25B_30-45_1,0l-GVKEW	25B_45-45_1,0l-GVKEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	68,79	24,91	16,75	102,00	97,58
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	1.302,10	789,37	592,44	7,68	7,13
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	12,35	9,04	8,79	61,00	56,31
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	2,21	1,50	1,52	0,46	0,42
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	47,67	21,83	7,84	-19,19	-15,12
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	68,42	40,99	28,86	3,34	3,13
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,23	0,17	0,13	0,13	0,12
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	3,06	1,96	1,60	1,65	1,58
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	21,48	10,49	12,09	40,40	38,95
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	23,21	14,95	12,11	15,12	14,42
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	14,88	128,10	34,91	47,09	42,75
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,22	0,15	0,12	0,13	0,12

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 278: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 25**

LFD 25: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

Klimawandel (GWP fossil)	25B_SQ-SQ_1,0l-GVKEW	25B_SQ-30_1,0l-GVKEW	25B_30-30_1,0l-GVKEW	25B_30-45_1,0l-GVKEW	25B_45-45_1,0l-GVKEW
Herstellung Primärverpackung	43,39	27,30	16,79	1,17	1,15
Herstellung Verschluss, Etikett	9,48	5,45	5,72	0,31	0,24
Herstellung Um- und Transportverpackung	13,11	1,08	1,01	1,66	1,57
Abfüllung	7,24	1,68	1,14	0,10	0,05
Distribution	1,39	1,14	1,03	0,02	0,02
Recycling/Entsorgung	22,93	18,52	16,94	0,64	0,64
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-26,27	-12,66	-11,98	-0,39	-0,38
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-2,83	-1,52	-1,78	-0,16	-0,17
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>68,42</b>	<b>40,99</b>	<b>28,86</b>	<b>3,34</b>	<b>3,13</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.26 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 26)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 279: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 26**

LFD 26: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

Wirkungskategorie	26B_SQ-SQ_1,0l-PETEW	26B_SQ-30_1,0l-PETEW	26B_30-30_1,0l-PETEW	26B_30-45_1,0l-PETEW	26B_45-45_1,0l-PETEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	66,02	63,11	36,19	29,19	18,01
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	1.952,90	1.458,37	818,29	3,10	2,54
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,52	4,48	3,49	5,47	4,21
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	0,92	0,51	0,37	0,38	0,28
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	104,78	82,35	48,78	-0,66	-1,18
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	107,26	84,71	51,14	1,69	1,17
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,22	0,20	0,12	0,06	0,04
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	2,78	2,21	1,31	0,50	0,32
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,33	0,32	0,14	0,13	0,06
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	23,61	6,61	4,25	4,72	3,61
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	20,66	16,63	10,20	4,39	2,86
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	6,75	106,17	55,51	44,32	23,77
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,20	0,17	0,10	0,05	0,03

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 280: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 26**

LFD 26: 1,0 l Getränkeverbundkartons, Getränkesegment Säfte und Nektare

Klimawandel (GWP fossil)	26B_SQ-SQ_1,0l-PETEW	26B_SQ-30_1,0l-PETEW	26B_30-30_1,0l-PETEW	26B_30-45_1,0l-PETEW	26B_45-45_1,0l-PETEW
Herstellung Primärverpackung	72,17	49,90	24,22	1,10	0,39
Herstellung Verschluss, Etikett	9,46	5,59	5,92	0,61	0,53
Herstellung Um- und Transportverpackung	6,40	4,18	3,71	0,26	0,23
Abfüllung	4,16	0,99	0,66	0,06	0,03
Distribution	5,38	4,16	3,94	0,09	0,08
Recycling/Entsorgung	41,96	36,73	24,52	0,16	0,17
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-18,18	-5,27	-3,33	-0,20	-0,14
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-14,08	-11,56	-8,49	-0,37	-0,13
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>107,26</b>	<b>84,71</b>	<b>51,14</b>	<b>1,69</b>	<b>1,17</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.27 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 27)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 281: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 27**

LFD 27: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment Säfte und Nektare

Wirkungskategorie	27B_SQ-SQ_1,5l - PETEW	27B_SQ-30_1,5l - PETEW	27B_30-30_1,5l - PETEW	27B_30-45_1,5l - PETEW	27B_45-45_1,5l - PETEW
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	47,85	45,95	26,18	20,66	12,34
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	1.400,89	1.031,92	563,73	2,11	1,68
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,36	3,23	2,50	3,88	2,86
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	0,67	0,37	0,27	0,28	0,20
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	74,99	57,70	33,10	-0,43	-0,78
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	76,71	59,34	34,73	1,19	0,79
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,16	0,14	0,08	0,04	0,03
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	1,95	1,56	0,90	0,35	0,22
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,25	0,23	0,10	0,10	0,04
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	17,10	4,82	3,09	3,37	2,49
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	14,49	11,66	6,95	3,11	1,95
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	4,77	77,67	40,38	31,47	16,40
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,15	0,12	0,07	0,03	0,02

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 282: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 27**

LFD 27: 1,5 l PET EW Flasche, Getränkesegment Säfte und Nektare

Klimawandel (GWP fossil)	27B_SQ-SQ_1,5l - PETEW	27B_SQ-30_1,5l - PETEW	27B_30-30_1,5l - PETEW	27B_30-45_1,5l - PETEW	27B_45-45_1,5l - PETEW
Herstellung Primärverpackung	55,17	37,31	18,33	0,84	0,30
Herstellung Verschluss, Etikett	6,42	3,78	4,00	0,42	0,36
Herstellung Um- und Transportverpackung	3,94	2,57	2,29	0,16	0,15
Abfüllung	3,17	0,75	0,50	0,05	0,02
Distribution	1,04	0,82	0,76	0,01	0,01
Recycling/Entsorgung	29,99	26,21	17,21	0,11	0,12
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-12,85	-3,73	-2,30	-0,14	-0,09
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-10,17	-8,37	-6,06	-0,27	-0,08
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>76,71</b>	<b>59,34</b>	<b>34,73</b>	<b>1,19</b>	<b>0,79</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

### A.1.28 Dokumentation der absoluten Ergebnisse der Basisszenarien (LFD 28)

Hier werden die absoluten Nettoergebnisse aller ausgewerteten Wirkungskategorien tabellarisch dokumentiert. Dies soll der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse Rechnung tragen jedoch nicht dem explizit in der Ziel- und Rahmendefinition ausgeschlossenen Vergleich der unterschiedlichen Verpackungssysteme dienen. Somit fassen die vorliegenden Tabellen die Ergebnisse auf Basis realer Zahlen ausschließlich zum Zweck der Dokumentation zusammen. Die absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 283: Absolute Nettoergebnisse aller Wirkungskategorien LFD 28**

LFD 28: 1,0 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment Säfte und Nektare

Wirkungskategorie	28B_SQ-SQ_1,0l-GlasMWP	28B_SQ-30_1,0l-GlasMWP	28B_30-30_1,0l-GlasMWP	28B_30-45_1,0l-GlasMWP	28B_45-45_1,0l-GlasMWP
priorisierte KRA (fossil, mineralisch-metallisch, biotisch) [kg KRA]	39,24	32,78	28,46	26,01	23,13
nicht erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch [MJ]	924,24	740,61	544,11	15,10	14,10
Naturfernepotenzial NFP [m <sup>2</sup> -e 1 a / m <sup>2</sup> ]	0,29	4,02	3,87	5,02	4,78
Wasserverbrauch [m <sup>3</sup> ]	1,07	0,85	0,66	0,65	0,64
Klimawandel total [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	63,46	46,03	33,96	-0,22	-0,52
Klimawandel fossil [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	66,25	48,81	36,65	2,47	2,17
Versauerung [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalente]	0,16	0,12	0,11	0,06	0,05
Sommersmog [kg O <sub>3</sub> -Äquivalente]	2,10	1,30	1,03	0,63	0,56
Stratosphärischer Ozonabbau [g R-11-Äquivalente]	0,04	0,04	0,04	0,02	0,01
aquatische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	3,10	4,13	3,74	3,54	3,37
terrestrische Eutrophierung [g PO <sub>4</sub> -Äquivalente]	16,48	11,04	9,06	5,74	5,08
Krebsrisikopotenzial (CRP) [mg As-e]	3,08	53,87	57,64	77,85	71,58
Feinstaub PM <sub>2,5</sub> [kg PM <sub>2,5</sub> -Äquivalente]	0,16	0,11	0,09	0,05	0,05

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.

**Tabelle 284: Klimawandel: sektorale Darstellung absoluter Ergebnisse LFD 28**

LFD 28: 1,0 l Glas MW Pool Flasche, Getränkesegment Säfte und Nektare

Klimawandel (GWP fossil)	28B_SQ-SQ_1,0l-GlasMWP	28B_SQ-30_1,0l-GlasMWP	28B_30-30_1,0l-GlasMWP	28B_30-45_1,0l-GlasMWP	28B_45-45_1,0l-GlasMWP
Herstellung Primärverpackung	16,33	10,48	9,70	0,19	0,16
Herstellung Verschluss, Etikett	15,09	8,77	8,69	1,43	1,35
Herstellung Um- und Transportverpackung	1,14	0,43	0,44	0,17	0,17
Abfüllung	17,24	13,81	4,16	0,40	0,23
Distribution	22,30	17,53	15,87	0,29	0,27
Recycling/Entsorgung	2,63	2,08	2,02	0,05	0,04
Gutschrift für die Allokation ersetzte Energieträger	-1,62	-0,48	-0,47	-0,03	-0,03
Gutschrift für die Allokation von ersetztem Primärmaterial	-6,85	-3,81	-3,76	-0,02	-0,02
<b>Netto-Ergebnis</b>	<b>66,25</b>	<b>48,81</b>	<b>36,65</b>	<b>2,47</b>	<b>2,17</b>

Quelle: ifeu 2023

Anmerkung: Diese absoluten Ergebnisse sind entsprechend der aufgeführten Einordnung in der Einleitung des Anhang A.1 nicht als Grundlage für vergleichende Aussagen geeignet.