

**CustomLCA**

# **Ökobilanz Getränkeverpackungen**

**Gesamtbericht**

**Auftraggeber**

Bundesamt für Umwelt Schweiz (BAFU)

**Verfasser**

Dr. Fredy Dinkel (Projektleitung) und Thomas Kägi, Carbotech AG

Anzahl Seiten: 133

Referenz: 282.15

Basel, 08.07.2014

## **Impressum**

### **Auftraggeber**

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Abfall und Rohstoffe, CH-3003 Bern  
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

### **Auftragnehmer**

Carbotech AG, Basel

### **Projektleitung**

Dr. Fredy Dinkel

### **Autoren**

Thomas Kägi und Dr. Fredy Dinkel

### **Begleitung BAFU**

Isabelle Baudin, Peter Gerber

### **Externer Review**

Paul W. Gilgen, ehemaliger Leiter der Abteilung der EMPA Forschungsabteilung „Ökologie“. Ordentliches Einzelmitglied der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW).

### **Hinweis**

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist alleine der Auftragnehmer verantwortlich.

### **Korrigendum**

Der Begriff Mineralwasser schliesst in dieser Studie mit Kohlensäure angereichertes Leitungswasser mit ein.

–

Dieser Bericht wurde von der Carbotech AG mit Sorgfalt erarbeitet unter Verwendung aller uns zur Verfügung stehenden, aktuellen und angemessenen Hilfsmittel und Grundlagen, dies im Rahmen der vertraglichen Abmachung mit dem Auftraggeber unter Berücksichtigung der Vereinbarung bezüglich eingesetzter Ressourcen. Die Grundlagen der Bewertungsmethode, auf welcher dieser Bericht basiert, können ändern. Danach sind die Schlussfolgerungen nicht mehr uneingeschränkt gültig und vom Auftraggeber nur noch auf eigene Verantwortung verwendbar. Aus dem Inhalt dieses Berichtes hervorgehende Veröffentlichungen, welche Resultate und Schlussfolgerungen daraus nur teilweise und nicht im Sinne des Gesamtberichtes darstellen, sind nicht erlaubt. Insbesondere dürfen solche Veröffentlichungen diesen Bericht nicht als Quelle angeben oder es darf nicht anderweitig eine Verbindung mit diesem Bericht oder der Carbotech AG hergestellt werden können. Für Forderungen ausserhalb des oben genannten Rahmens lehnen wir jegliche Verantwortung gegenüber dem Auftraggeber sowie Dritten ab. Dieser Bericht ist ausschliesslich für den Auftraggeber erstellt worden und wir übernehmen keine Verantwortung gegenüber Dritten, welche Kenntnis erlangen über diesen Bericht oder Teile davon.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>7</b>
<b>Résumé</b>	<b>13</b>
<b>Riassunto</b>	<b>19</b>
<b>Summary</b>	<b>25</b>
<b>1 Ausgangslage und Auftrag</b>	<b>31</b>
1.1 Ausgangslage	31
1.2 Auftrag	31
<b>2 Vorgehen und Methodik</b>	<b>33</b>
2.1 Allgemeine Beschreibung der Ökobilanzierung	33
2.2 Vorgehen bei der Ökobilanzierung	33
<b>3 Zielsetzung und Rahmenbedingungen</b>	<b>35</b>
3.1 Fragestellungen	35
3.2 Externer Review	35
3.3 Anwendung und Zielgruppe der Studie	35
3.4 Betrachtete Verpackungen	35
3.5 Betrachtete Verwertungsszenarien	37
3.6 Vergleichsbasis, die "funktionelle Einheit"	37
3.7 Systemgrenzen	37
3.8 Allokation	41
3.8.1 Entsorgung in KVA mit Energienutzung	41
3.8.2 Umgang mit Recycling – Allokationsansätze	41
3.8.2.1 Definition von Sammel- und Recyclingquote	42
3.8.2.2 Stoffflüsse – closed loop oder open loop?	42
3.8.2.3 Allokationsansätze fürs Recycling	44
3.8.2.4 In dieser Studie verwendete Ansätze je Material	46
3.9 Systemerweiterung	47
3.10 Sensitivitätsanalysen	48
3.11 Sachbilanz	48
3.11.1 Herkunft Vordergrunddaten	48
3.11.2 Annahmen und Berechnungsgrundlagen	49
3.12 Bestimmung der Umweltauswirkungen (Wirkbilanz)	50
3.13 Bewertung der Umweltbelastungen	51
3.13.1 Methode der ökologischen Knappheit (Umweltbelastungspunkte – UBP)	53
3.13.1.1 Version 2006 W (W: angepasste Waldbewertung)	53
3.13.1.2 Version 2013	54
3.13.2 Eco-Indicator 99	54
3.13.3 ReCiPe	55
3.14 Grenzen der vorliegenden Untersuchung	55
3.14.1 Inhaltlich	55

3.14.2 Methodisch	55
3.15 Unsicherheit und Signifikanz	56
<b>4 Datengrundlage Getränkeverpackungen</b>	<b>57</b>
4.1 Alu- und Weissblechdosen	57
4.2 Bag-in-Box	57
4.3 Becher	57
4.4 Getränkekarton	58
4.5 Glasflaschen	58
4.6 PE-Beutel	59
4.7 PE-Flaschen	59
4.8 PET-Flaschen	59
4.9 Stahlbehälter	60
4.10 Offenausschank: Betrieb und Kühlung	60
4.11 Mehrwegsysteme: Waschen und Transport	60
4.12 Nutzungszyklen und Sekundärverpackungen	61
4.13 Logistik	62
4.13.1 Distribution	62
4.13.2 Retrologistik	64
4.14 Sensitivitätsanalysen	65
4.14.1 Vergleich Transport MW-Glasflaschen gegen PET-Flaschen	65
4.14.2 Einfluss Transportdistanz und -typ beim Wein	65
4.14.3 Heimtransport sowie Transport zu Sammelstellen	65
4.14.4 Umweltbeanspruchung von Verpackung und Inhalt	65
4.14.5 Vergleich von Abwaschen zuhause und professionell	65
4.14.6 Getränkekartons mit 70% Sammelquote	66
<b>5 Resultate Getränkeverpackungen</b>	<b>67</b>
5.1 Bier	67
5.1.1 Konsum zuhause	67
5.1.2 Konsum unterwegs	70
5.1.3 Konsum ab Ausschank	70
5.2 Fruchtsäfte	73
5.2.1 Konsum zuhause	73
5.2.2 Konsum unterwegs	76
5.3 Ice Tea	77
5.3.1 Konsum zuhause	77
5.3.2 Konsum unterwegs	80
5.4 Milch	81
5.4.1 Konsum zuhause	81
5.5 Mineralwasser	84
5.5.1 Konsum zuhause	84
5.5.2 Konsum unterwegs	86
5.6 Süssgetränke	87
5.6.1 Konsum zuhause	87
5.6.2 Konsum unterwegs	90
5.6.3 Konsum ab Ausschank	90
5.7 Wein	93

5.7.1 Konsum zuhause	93
5.8 Vergleich von Becher und Gläser im Offenausschank	96
5.9 Variantenanalysen	97
5.9.1 Relevanz der Transportdistanz bei MW-Glasflaschen und PET-Flaschen	97
5.9.2 Relevanz des Transportes im Vergleich zur Herstellung	98
5.9.3 Relevanz des Heimtransportes	99
5.9.4 Relevanz der Umweltbeanspruchung von Verpackung und Inhalt	101
5.9.4.1 Beispiel Bier	101
5.9.4.2 Beispiel Milch	102
5.9.4.3 Beispiel Wein	102
5.9.6 Vergleich von Abwaschen privat und professionell	104
5.9.8 Getränkekartons mit 70% Sammelquote	105
<b>6 Resultate Recycling vs. Entsorgung</b>	<b>111</b>
6.1 PET-Flaschen	111
6.2 PE-Flaschen	116
6.3 Getränkekarton	120
6.4 Relevanz des privaten Sammeltransportes zur Sammelstelle	121
<b>7 Diskussion und Schlussfolgerung</b>	<b>123</b>
7.1 Getränkeverpackungen	123
7.2 Recycling vs. Entsorgung	127
<b>8 Literatur</b>	<b>129</b>

## Anhang

### A1 Resultate stille und kohlenensäurehaltige Getränke

### A2 Resultate pro Getränkegruppe, sortiert

### A3 Resultate pro Materialtyp, sortiert

### A4 Resultate Gesamtüberblick, sortiert

### A5 Die Bedeutung von 100 UBP

### A6 Kritische Stellungnahme (Peer Review) des Gutachters zur Studie



# Zusammenfassung

Die Abteilung Abfall und Rohstoffe des BAFU wollte die heute über 10-jährigen Ökobilanzen von Getränkeverpackungen aktualisieren. Basierend auf aktuellen Daten zur Herstellung, Logistik und Verwertung, wie Separatsammlungen, sollen von den heute gebräuchlichen Getränkeverpackungen umfassende Ökobilanzen erstellt werden.

Ziel dieser Studie ist es, im Wesentlichen folgende zwei Fragen zu klären:

1. *Welche Verpackung ist für eine bestimmte Getränkeart und Menge (z. B. für 1 Liter Orangensaft zuhause konsumiert oder für 0.5 Liter Erfrischungsgetränk unterwegs konsumiert) die ökologisch vorteilhafteste Verpackungslösung?  
Gibt es für eine bestimmte Getränkeart eine Verpackung, deren Verwendung gefördert werden sollte?*
2. *Ab welcher Sammelmenge/-quote ist für eine bestimmte Verpackung (PET-Flasche, PE-Flasche, Getränkekarton) die stoffliche Verwertung gegenüber der energetischen Nutzung ökologisch vorteilhaft?*

Die Studie richtet sich an den Auftraggeber. Die Erkenntnisse aus der vorliegenden Studie sollen zudem einen sachorientierten Dialog über die ökologischen Auswirkungen der untersuchten Getränkeverpackungen, ausgehend von einer aktuellen Datengrundlage, fördern. Eine weitere Zielgruppe ist daher auch die interessierte Öffentlichkeit.

Für den ökologischen Vergleich der verschiedenen Getränkeverpackungen wurde die Methode der Ökobilanz verwendet. Dies ist heute die umfassendste und aussagekräftigste Methode, um die Umweltauswirkungen von Produkten und Systemen zu beurteilen.

Als Vergleichsbasis (funktionelle Einheit) dienen:

- für die 1. Fragestellung: 1 Liter Getränk, zuhause, unterwegs, oder ab Ausschank konsumiert
- für die 2. Fragestellung: die Verwertung bzw. Entsorgung von 1 Tonne gebrauchter Getränkeverpackung (PE, PET, Getränkekarton)

Daten für die Herstellung der diversen Getränkeverpackungen wurden aus bestehenden Studien, welche kürzlich durchgeführt wurden, entnommen und bei den jeweiligen Herstellern bezüglich Korrektheit und Aktualität überprüft. Falls keine Daten vorlagen (z. B. zu den Stahlbehältern) so wurden diese neu erhoben.

Zur Beurteilung der Auswirkungen auf die Umwelt wurden sowohl verschiedene Wirkungen auf die Umwelt als auch die Gesamtbilanz mit verschiedenen vollaragierenden Bewertungsmethoden berechnet und für die Schlussfolgerungen verwendet. Dabei wurde die gesamtaggrierende Methode der ökologischen Knappheit (UBP 2013) als Hauptmethode gewählt. Für die Bedeutung von 100 UBP siehe Anhang A5.

## Erkenntnisse

- Einsatz der Getränkeverpackungen
  - Aus guten Gründen kommen je nach Getränketyp verschiedene geeignete Getränkeverpackungen zum Einsatz. Es gibt keine einzelne Getränkeverpackung, die für alle Getränketypen in Frage kommt.
  - Auch in Abhängigkeit der Konsumart (zu Hause, unterwegs, ab Ausschank) ist die Gewichtung der Funktionen eine andere, so dass unterschiedliche Getränkeverpackungen zum Einsatz kommen.
- Bezogen auf die Verpackungen alleine
  - Aus Umweltsicht ist v. a. die Herstellung der Verpackung relevant.
  - Getränkeverpackungen mit einer eher tiefen Umweltbelastung weisen als Charakteristik auf, dass sie leicht oder mehrmals verwendbar sind. Der Nutzen des Recyclings ist stark materialabhängig. Daher ist eine hohe Recyclingquote alleine noch keine Garantie für eine ökologische Getränkeverpackung.
  - Getränkeverpackungen mit einer eher höheren Umweltbelastung zeichnen sich meistens dadurch aus, dass sie eher schwer sind und nur einmal genutzt werden (vgl. Abbildung 1).
- Relevanz der Verpackungen
  - Bei den allermeisten Getränketypen mit Ausnahme des Mineralwassers ist der Inhalt aus Umweltsicht sehr deutlich relevanter als die Verpackung (vgl. Abbildung 2).
  - Entsprechend kann die isolierte Betrachtung der Verpackungen ohne Inhalt zu kurz greifen. Wie Sensitivitätsanalysen gezeigt haben, können Verlusten entscheidend sein für die Wahl einer ökologischen Verpackung. Damit wird auch für die ökologische Beurteilung die unterschiedlich gute Erfüllung der Schutz- und Convenience Funktion wesentlich.
  - Der Transport, welcher den Verpackungen zugeschrieben wird, trägt in den meisten Fällen nur einen geringen Teil zur Umweltbelastung bei. Ausnahmen können Mehrwegverpackungen sein.
  - Der private Einkaufstransport kann schnell einmal mehr Umweltbelastung verursachen als die eingekauften Getränkeverpackungen (vgl. Abbildung 3). Hier ist jeder einzelne Konsument gefragt, möglichst auf das Auto beim Einkauf zu verzichten, was gerade beim Einkauf von Getränken aus Gewichtsgründen nicht einfach ist. Wenn das Auto verwendet wird, lohnt es sich, möglichst viele Getränke auf einmal zu kaufen und die Einkaufsfahrt mit einer anderen Aktivität zu verbinden.
- Erkenntnisse zu den verschiedenen Verpackungen
  - Der **PE-Beutel** erfüllt alle notwendigen Funktionen mit einem Minimum an Gewicht mit entsprechend tiefer Umweltbelastung der Herstellung und Entsorgung
  - Die **Getränkekartons** weisen oftmals eine gute Umweltperformance auf dank der verwendeten Materialkombination und erfüllen alle notwendigen Funktionen mit einem geringen Gewicht. Sie werden in der Schweiz jedoch kaum recycelt trotz ihrer eigentlich guten Verwertbarkeit. Würden die Getränkekartons zu 70 % recycelt, so
    - reduzieren sich deren Umweltbelastungen um ein Viertel bis um die Hälfte und
    - die Getränkekartons schneiden gleich gut oder sogar besser ab als die besten vergleichbaren Getränkeverpackungen.
  - **PET-Flaschen** gehören aus Umweltsicht v. a. bei kohlenstoffhaltigen Getränken zu den Getränkeverpackungen mit den tiefsten Umweltbelastungen. Dabei spielt das leichte Gewicht ebenso eine wesentliche Rolle wie die relativ gute Verwertungsmöglichkeit. 80 % der PET-Flaschen werden recycelt, wobei 35 % direkt wieder in die PET-Flaschenherstellung gehen.
  - **MW-Glasflaschen** sind aus Umweltsicht ähnlich gut wie PET-Flaschen, solange die Transportdistanzen nicht länger sind als durchschnittliche Transportdistanzen in der Schweiz. Ab mehr als 230 km macht es aus Umweltsicht keinen Sinn mehr MW-Glasflaschen einzusetzen. Die vorzügliche Entsorgungseignung (Wiederverwendbarkeit) steht einem relativ hohen Gewicht mit entsprechend geringerer Transportierfähigkeit gegenüber (so kann z. B. in einem LKW weniger Inhalt pro Fahrt transportiert werden).



- **EW-Glasflaschen** gehören in jedem Fall zu den Getränkeverpackungen mit den höchsten Umweltbelastungen. Dies hat hauptsächlich mit dem hohen Gewicht der EW-Glasflaschen zu tun und damit, dass die Flaschen nach einmaligem Gebrauch zwar recycelt werden, jedoch erneut bei 1600 °C eingeschmolzen werden müssen, was viel Energie benötigt. So gesehen ist die Entsorgungseignung weniger gut als bei anderen Verpackungstypen.
- **Aludosen** weisen eine gute Transportierbarkeit auf und werden zu 90 % recycelt, der Herstellungsaufwand für Primäraluminium ist jedoch relativ hoch. Dass das ökologische Profil der Aludose überhaupt kompetitiv ist im Vergleich zu anderen Getränkeverpackungen, gründet in ihrem leichten Gewicht und ihrer hohen Recyclingquote. Sie ist die Option mit tieferer Umweltbelastung als die EW-Glasflaschen und somit in vielen Einkaufszentren die ökologischste Option für Bier.
- Obwohl das **Bag-in-Box System** sowie das **Stahlfass (keg)** relativ tiefe Umweltbelastungen aufweisen, wenn nur die Verpackung betrachtet wird, haben diese Getränkeverpackungen das Problem der Restentleerung. Aufgrund dieser beschränkten Eignung im Conveniencebereich sind diese Getränkeverpackungstypen je nach Höhe der Inhaltsverluste aus Umweltsicht nicht als geeigneter einzustufen als MW-Glasflaschen oder PET-Flaschen.
- Offenausschank
  - Beim Offenausschank z. B. von Süssgetränken lohnt sich aus Umweltsicht der Einsatz von Postmix-Stahlbehältern in Kombination mit einem Mehrwegbecher (oder Glas).
  - Die Verwendung von phosphatfreiem Geschirrspülmittel reduziert die Umweltbelastung beim privaten Abwasch von Gläsern und MW-Bechern beträchtlich.

## Empfehlungen

Empfehlungen, welche Getränkeverpackungen je nach Getränketyp und Konsumgegebenheit unter Berücksichtigung der verschiedenen Funktionen (Schutz, Logistik und Convenience) aus Sicht der Ökologie am besten abschneiden, sind in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1: Präferenz von Verpackungen je Getränketyp**

Getränketyt	Konsum zuhause	Konsum unterwegs	Konsum ab Ausschank
Bier	Glasflasche MW 0.33L und 0.5L Aludose 0.5L (PET-Flasche 0.5L)*	(PET-Flasche 0.5L)* Aludose 0.5L	Bier ab Fass (keg) Glasflasche MW 0.5L
Fruchtsäfte	Getränkekarton 1.0L PET-Flasche 1.0L	Getränkekarton 0.25L PE-Beutel 0.2L	-
Ice Tea	Getränkekarton 0.5L oder 1.0L PET-Flasche 1.5L	Getränkekarton 0.5L	-
Milch	PE-Beutel 1.0L (Past Milch)	-	-
Mineralwasser	Leitungswasser mit Sodastream	PET-Flasche 0.5L	-
Süssgetränke	PET-Flasche 1.5L Glasflasche MW 0.75L und 1.0L	PET-Flasche 0.5L	Süssgetränk ab 20L Fass (keg), Postmix in Becher MW oder Glas
Wein	Getränkekarton 1.0L Bag-in-Box 5L Glasflasche 0.75L für lagerfähige Weine	-	-
Behältnisse für Offenausschank	-	-	Gläser Becher MW

\* Im Gegensatz zum Ausland ist heutzutage praktisch kein Bier in PET-Flaschen im Schweizer Detailhandel erhältlich. Das heisst, dem Konsument bleibt somit die Aludose als umweltfreundlichste Alternative für den Bierkonsum unterwegs.

Es gibt somit nicht eine einzelne Getränkeverpackung, die für alle Getränketypen in Frage kommt. Es braucht aus gutem Grund unterschiedliche Verpackungslösungen, weil die Anforderungen an die drei Funk-

tionen Schutz, Logistik und Marketing (insbesondere der darin enthaltene Conveniencebereich) unterschiedlich sind.

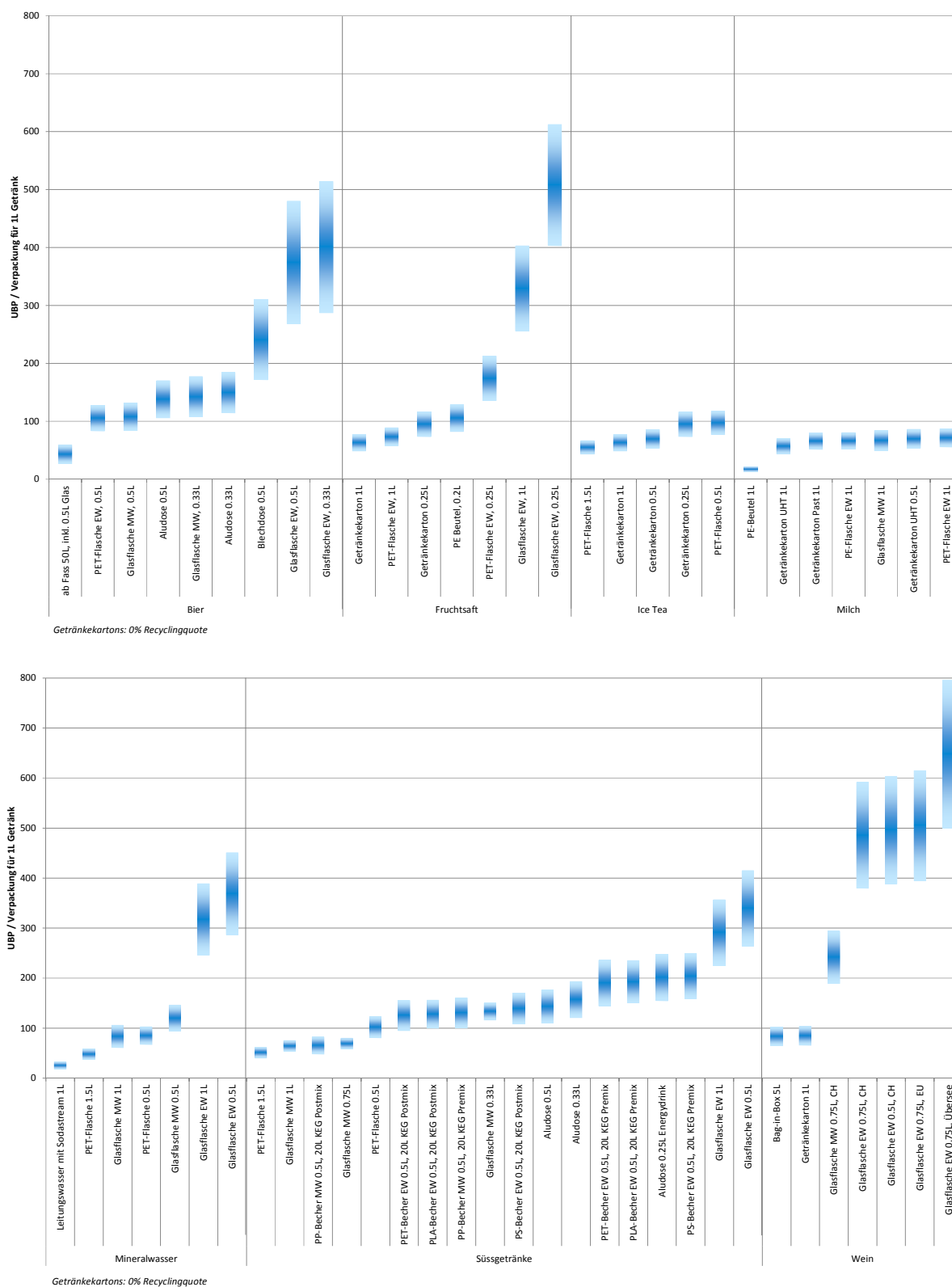
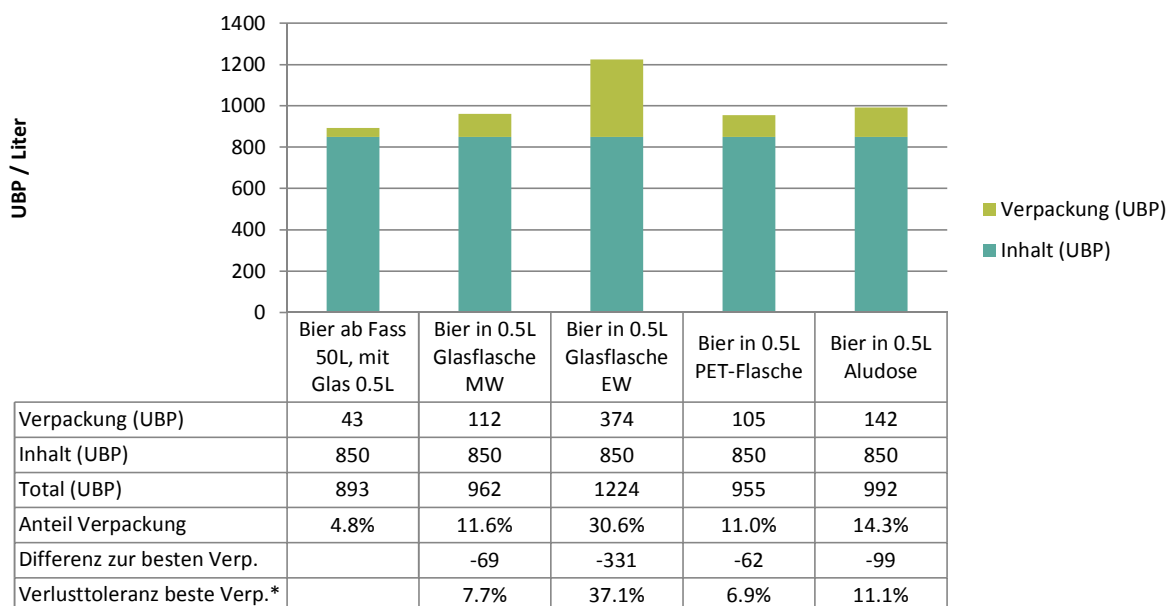


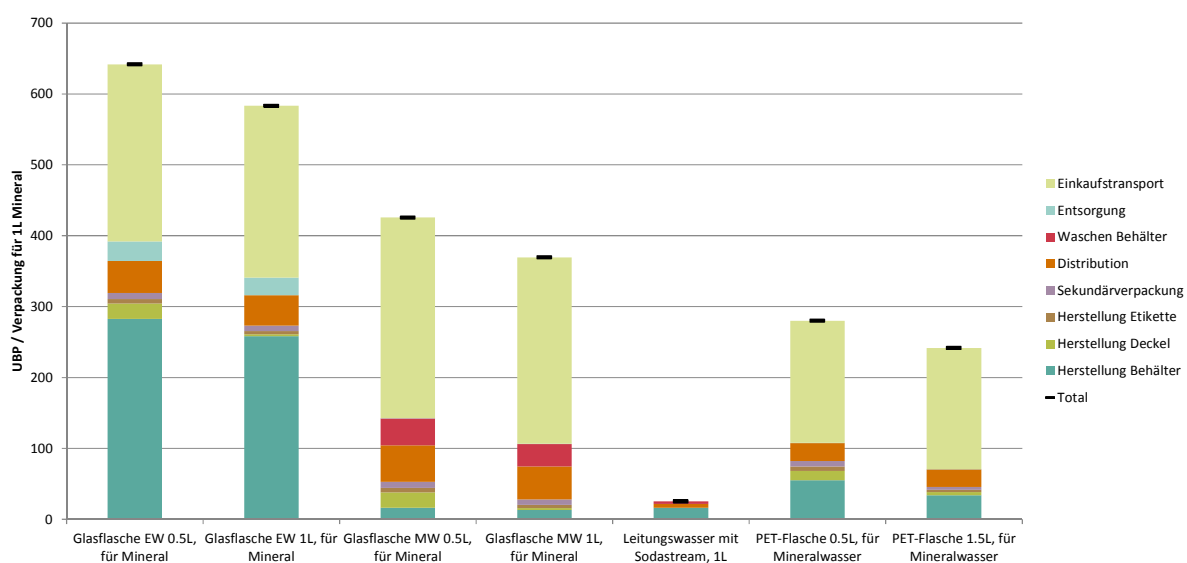
Abbildung 1: UBP 13 Resultate pro Getränkegruppe, sortiert



**Abbildung 2: Umweltbelastung von Bierverpackung und Bierherstellung**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013.

\* Mit dieser Verlustrate der besten Verpackungsvariante würde die Umweltbelastung der Vergleichsprodukte gleich sein



**Abbildung 3: Umweltbelastung von 1L Mineralwasser, inklusive Einkaufstransport**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013.

### **Resultate zu PET-, PE- und Getränkekartonrecycling**

Das Resultat wird stark beeinflusst vom Ersatzpotential des rezyklierten Materials und vom Energienutzungsgrad der betrachteten KVA. Bei Kunststoff nimmt die Qualität meistens mit jedem Zyklus ab, z.B. auf Grund von Verunreinigung und Verkürzung der Polymerketten, so dass oftmals nicht 1:1 Primärmaterial ersetzt werden kann. Dies führt zu zwei unterschiedlichen Betrachtungsweisen: Einerseits wird z. B. ein Rohr oft nicht zu 100 % aus rezykliertem PE hergestellt sondern nur zu ca. 15 %. Für diese 15 % wird jedoch praktisch 1:1 Primärmaterial mit rezykliertem PE ersetzt. Somit ist faktisch ein 100 % werkstofflicher Ersatz gegeben. Andererseits gibt es Anwendungen, bei denen eine höhere Menge Rezyklate eingesetzt werden müssen, um dieselben Eigenschaften zu erhalten wie das entsprechende Produkt aus Neumaterial. Erfahrungen aus der Praxis deuten darauf hin, dass ein Ersatz von 90 % Primärmaterial oben beschriebenen Punkten am ehesten Rechnung trägt. Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem werkstofflichen Recycling und der Verwertung in einer KVA besteht darin, dass beim werkstofflichen Recycling das Material, wenn auch aufgrund von Verlusten in etwas geringeren Mengen, immer noch vorliegt und damit für die anderen Verwertungswege offen steht.

Die Untersuchungen von PET-, PE- und Getränkekartonrecycling zeigen, dass sich das Recycling aus Sicht der Ökologie lohnt im Vergleich zur Entsorgung in einer KVA. Für die untersuchten Stoffe macht es somit Sinn, sie solange wie möglich im Kreislauf der stofflichen Verwertung zu halten und erst, wenn es z. B. aus Qualitätsgründen nicht mehr möglich ist, die Stoffe in einer KVA mit der entsprechenden energetischen Verwertung zu entsorgen.

# Résumé

La Division Déchets et Matières premières de l'OFEV voulait actualiser l'écobilan des emballages pour boissons qui date aujourd'hui de plus de 10 ans. Des écobilans détaillés des emballages pour boissons ont été réalisés sur la base des données actuelles relatives à la fabrication, à la logistique et au recyclage et aussi, aux collectes séparées.

L'objectif de cette étude est de répondre pour l'essentiel aux deux questions suivantes :

1. *Quel emballage constitue, pour une quantité et un type de boisson déterminé (par ex., 1 litre de jus d'orange consommé chez soi ou pour 0,5 litres de boisson rafraîchissante consommés hors de chez soi), la solution d'emballage écologiquement la plus favorable?  
Existe-t-il, pour un type de boisson déterminé, un emballage dont l'utilisation devrait être encouragée?*
2. *A partir de quelle quantité/de quel quota collecté(e) le recyclage du matériau est-il avantageux par rapport à l'utilisation énergétique pour un emballage donné (bouteille en PET, bouteille en PE, brique)?*

L'étude s'adresse au donneur d'ordre. Les conclusions issues de cette étude doivent en outre, sur la base des données disponibles actuelles, encourager un dialogue objectif sur les impacts écologiques des emballages étudiés. De plus, l'étude s'adresse aussi au grand public.

Pour comparer les différents emballages pour boissons, nous avons utilisé la méthode de l'écobilan. C'est aujourd'hui la méthode la plus complète et la plus pertinente pour évaluer les impacts environnementaux des produits et systèmes.

Les éléments servant de base de comparaison (unité fonctionnelle) sont :

- pour le 1er problème posé : 1 litre de boisson consommé chez soi, hors de chez soi ou à partir d'un débit de boissons
- pour le 2e problème posé : le recyclage ou l'élimination de 1 tonne d'emballages pour boissons utilisés (PE, PET, briques)

Les données relatives à la fabrication des divers emballages pour boissons ont été extraites des études existantes réalisées récemment, puis vérifiées auprès de chaque fabricant quant à leur exactitude et à leur actualité. S'il n'existait pas de données (par ex. pour les conteneurs en acier), celles-ci ont été collectées récemment. Pour évaluer les impacts sur l'environnement, on a calculé les différents effets sur l'environnement à l'aide des différentes méthodes d'évaluation par agrégation totale, puis on a exploité les résultats pour tirer les conclusions. On a choisi comme méthode principale la méthode de la saturation écologique par agrégation totale (écopoint 2013). Pour la signification de 100 écopoints, voir l'Annexe A5.

## Connaissances

- Utilisation des emballages pour boissons
  - Pour des raisons justifiées, on utilise différents emballages appropriés en fonction du type de boisson. Il n'existe pas d'emballage pour boisson unique pouvant servir à tous les types de boisson.
  - L'évaluation des fonctions que doit remplir l'emballage est dépendante également du type de consommation (chez soi, hors de chez soi, à partir d'un débit de boisson). On utilise donc différents emballages pour boissons.
- Rapporté aux emballages seuls
  - D'un point de vue environnemental, c'est surtout la fabrication de l'emballage qui est pertinente.

- Les emballages pour boissons ayant un impact environnemental plutôt faible présentent la caractéristique d'être légers ou plusieurs fois réutilisables. L'avantage du recyclage dépend beaucoup du matériau. Un quota de recyclage élevé ne constitue donc pas à lui seul la garantie d'un emballage écologique.
- Les emballages pour boissons ayant un impact environnemental plutôt élevé se caractérisent souvent par le fait qu'ils sont lourds et non réutilisables (voir Fig. 1).
- Pertinence des emballages
  - Pour la majorité des types de boisson, à l'exception de l'eau minérale, le contenu est, d'un point de vue environnemental, beaucoup plus pertinent que l'emballage (voir Figure 2).
  - Par conséquent, l'étude isolée des emballages sans leur contenu peut être insuffisante. Comme l'ont montré les analyses de sensibilité, les taux de perte peuvent être décisifs pour le choix d'un emballage écologique. Le respect de la fonction de protection et de praticité peut donc être également important pour l'évaluation écologique.
  - Le transport afférent aux emballages ne contribue, dans la plupart des cas, que faiblement à l'impact environnemental. Les emballages réutilisables peuvent constituer une exception.
  - Le transport privé pour l'achat des boissons peut rapidement entraîner un impact environnemental plus important que les emballages de boisson achetés (voir Figure 3). Il s'agit pour le consommateur individuel d'éviter autant que possible de prendre sa voiture lors de l'achat, ce qui précisément, n'est pas facile pour l'achat des boissons pour des raisons de poids. Si la voiture est tout de même utilisée, il vaut la peine d'acheter autant de boissons que possible en une seule fois et d'associer le déplacement destiné à l'achat à une autre activité.
- Connaissances relatives aux différents emballages
  - **Le sachet en PE** remplit toutes les fonctions nécessaires avec un minimum de poids. La fabrication et l'élimination ont de ce fait un impact environnemental faible.
  - Les **briques pour boissons** présentent souvent une bonne performance environnementale grâce à la combinaison de matériaux utilisés et remplissent toutes les fonctions tout en ayant un faible poids. Toutefois, elles sont peu recyclées en Suisse malgré leur bonne recyclabilité intrinsèque. Si les briques étaient recyclées à 70% :
    - les impacts sur l'environnement seraient réduits d'un quart, voire de moitié, et
    - les briques pour boissons obtiendraient un bon, voire un meilleur résultat que les meilleurs emballages comparables.
  - D'un point de vue environnemental, les **bouteilles en PET**, surtout celles contenant des boissons gazeuses (CO<sub>2</sub>) comptent parmi les emballages pour boissons ayant l'impact environnemental le plus faible. Cela est dû pour beaucoup à leur poids léger et à leur relativement bonne recyclabilité. 80% des bouteilles PET sont recyclés, dont 35% retournent directement à la fabrication de bouteilles PET.
  - Les **bouteilles en verre réutilisables** sont, d'un point de vue environnemental, aussi avantageuses que les bouteilles en PET, tant que les distances de transport ne sont pas plus longues que les distances de transport moyennes en Suisse. A partir de plus de 230 km, cela n'a plus de sens, d'un point de vue environnemental, d'utiliser des bouteilles en verre réutilisables. Ces bouteilles présentent une excellente propriété d'élimination (réutilisabilité) par rapport à un poids relativement élevé et donc, une faible capacité de transport (ainsi, dans un camion, on peut en transporter une moins grande quantité par voyage).
  - Les **bouteilles en verre non réutilisables** comptent, dans tous les cas, parmi les emballages pour boissons ayant les impacts environnementaux les plus élevés. Cette situation est essentiellement due au poids élevé des bouteilles et donc, au fait que celles-ci, bien que recyclables après un usage unique, doivent être à nouveau fondues à 1600°C, ce qui nécessite beaucoup d'énergie. Cette propriété d'élimination est donc considérée comme moins avantageuse que pour les autres types d'emballage.

- Les **canettes en aluminium** sont faciles à transporter et à éliminer, et sont recyclées à 90 %, toutefois l'énergie requise pour la production de l'aluminium primaire est relativement élevée. La compétitivité réelle du profil écologique des canettes en aluminium par rapport aux autres emballages pour boissons s'explique par leur faible poids et leur taux de recyclage élevé. Les canettes en aluminium génèrent un impact environnemental moindre que les bouteilles en verre non réutilisables et, dans de nombreux centres commerciaux, elles représentent l'option la plus écologique pour la bière.
- Bien que le système **Sachet-en-boîte** et le **fût en acier** aient des impacts environnementaux relativement faibles, si l'on considère uniquement l'emballage, ils posent problème lorsqu'il s'agit de les vider. En raison des pertes de contenu, ces types d'emballage ne doivent pas, du point de vue environnemental, être classés comme plus avantageux que les bouteilles en verres réutilisables ou les bouteilles en PET,.
- Débit de boissons
  1. Pour le débit de boissons, par ex. de boissons sucrées, il est avantageux, d'un point de vue environnemental, d'utiliser des distributeurs en acier post-mélange combinés à un gobelet (ou verre) réutilisable.
  2. L'utilisation de produits pour la vaisselle sans phosphates réduit considérablement l'impact environnemental lors du lavage des verres et des gobelets réutilisables chez soi.

### Recommandations

Sont récapitulées dans le tableau 1 les recommandations relatives aux emballages pour boissons qui obtiennent le meilleur résultat d'un point de vue environnemental en fonction du type de boisson et de la condition de consommation, compte tenu des différentes fonctions de l'emballage (protection, logistique et praticité).

**Tableau 1: Préférence d'emballage en fonction du type de boisson**

Type de boisson	Consommation à domicile	Consommation hors domicile	Consommation à partir d'un débit de boissons
Bière	Bouteille en verre réutilisable 0.33L et 0.5L Canette en aluminium 0.5L (bouteille PET 0.5L)*	(Bouteille PET 0.5L)* Canette en aluminium 0.5L	Bière à la pression (boisson gazeuse) Bouteille en verre réutilisable 0.5L
Jus de fruits	Brique 1.0L Bouteille PET 1.0L	Brique 0.25L Sachet PET 0.2L	-
Thé glacé	Brique 0.5L ou 1.0L Bouteille PET 1.5L	Brique 0.5L	-
Lait	Sachet PE 1.0L (lait pasteurisé)	-	-
Eau minérale	Eau du robinet gazéifiée (machine)	Bouteille PET 0.5L	-
Boissons sucrées	Bouteille PET 1.5L Bouteille en verre réutilisable 0.75L et 1.0L	Bouteille PET 0.5L	Boissons sucrées à partir d'un tonneau de 20L (boissons gazeuses), Post-mélange dans un gobelet réutilisable ou un verre
Vin	Brique 1,0 l Sachet-en-bôte 5L Bouteille en verre 0.75L pour vins stockables	-	-
Récipients pour débits de boissons	-	-	Verres Gobelets réutilisables

\* Contrairement à l'étranger, il ne se vend actuellement pratiquement pas de bière en bouteilles PET dans les commerces de détail en Suisse. Pour la consommation de bière hors de chez soi, la solution la plus écologique pour le consommateur reste donc la canette en aluminium.

Il n'existe donc pas d'emballage pour boissons unique qui soit utilisable pour tous les types de boisson. Différentes solutions d'emballage sont nécessaires, car les exigences relatives aux trois fonctions de l'emballage – protection, logistique et marketing (en particulier pour leur praticité intrinsèque) – sont différentes.

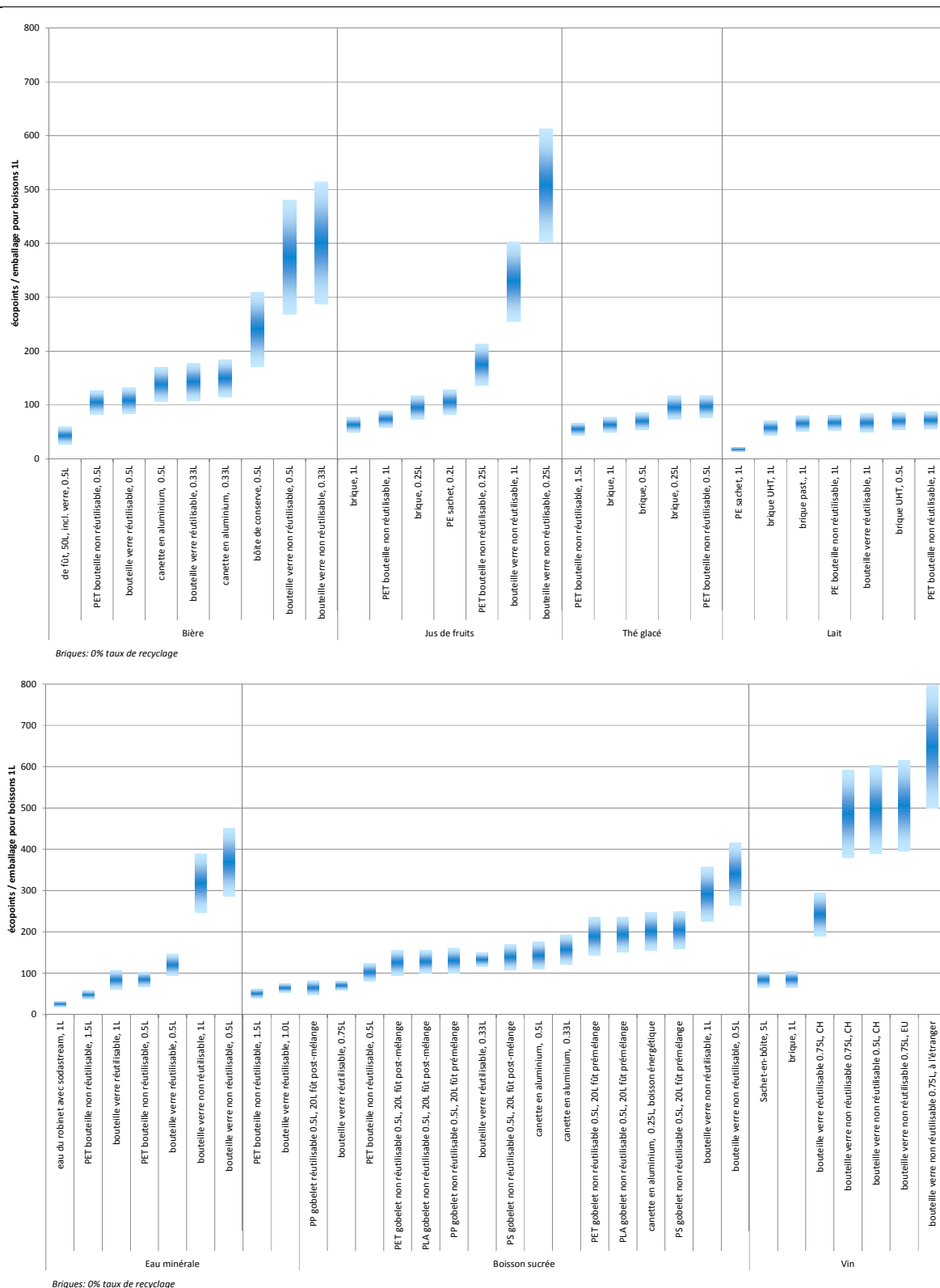
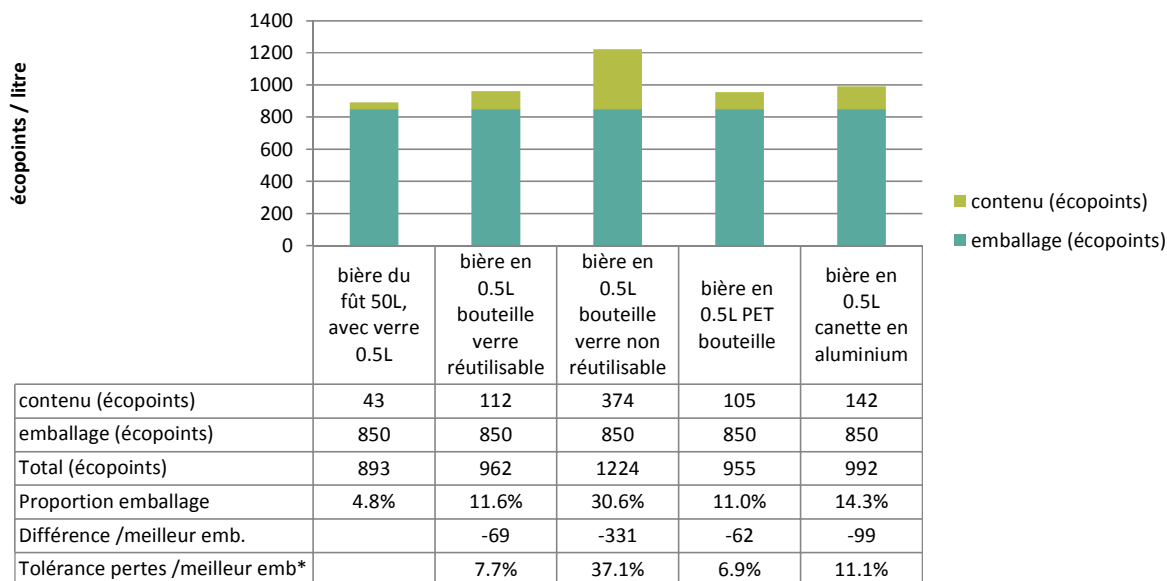


Figure 1: Ecopoint 13 Résultats par groupe de boisson, triés

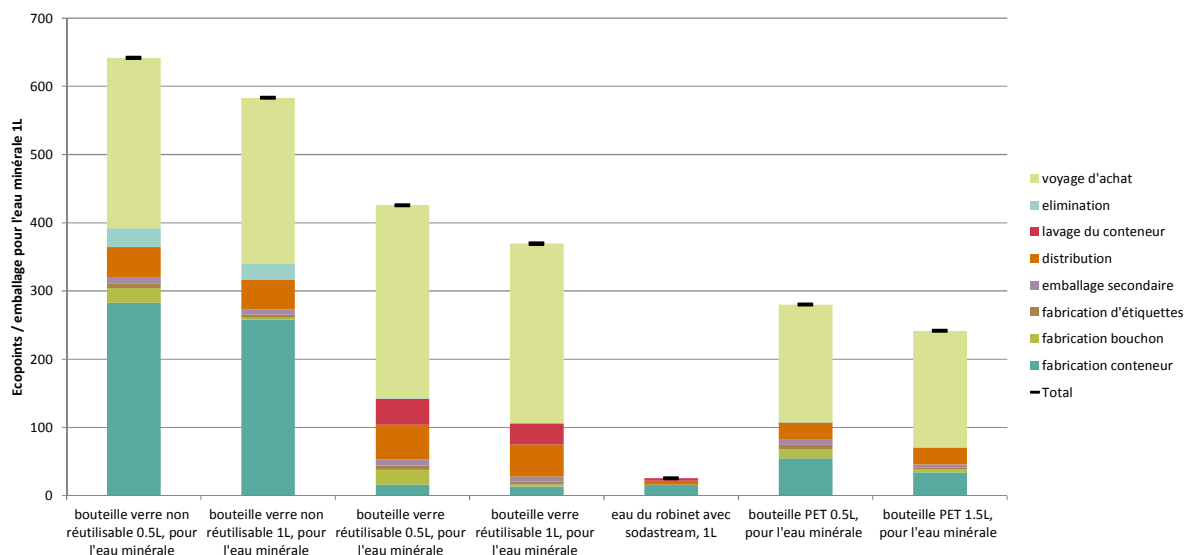




**Figure 2: Impact environnemental de l'emballage de la bière et de la fabrication de la bière**

Ecopoint : Méthode de la saturation écologique 2013.

\* Avec ce taux de perte de la meilleure variante d'emballage, l'impact environnemental de produits comparables serait le même



**Figure 3: Impact environnemental de 1l d'eau minérale, y compris le transport pour l'achat**

Ecopoint : Méthode de la saturation écologique 2013.

### **Résultats du recyclage des emballages en PET, PE et des briques**

Le résultat est fortement influencé par le potentiel de substitution du matériau recyclé et par l'efficacité énergétique de l'usine d'incinération considérée. Pour le plastique, la qualité diminue généralement avec chaque cycle, notamment en raison de la pollution et du raccourcissement des chaînes polymères, si bien que souvent le matériau primaire ne peut pas être substitué dans une proportion 1:1.

Cela aboutit à deux approches différentes : d'une part, un tuyau, par ex., ne peut pas être fabriqué à 100 %, mais seulement à 15 %, à partir de PE recyclé. Pour ces 15%, le matériau primaire est toutefois substitué dans une proportion 1:1 et on obtient en réalité un substitut de matériau de 100 %. D'autre part, certaines applications nécessitent l'utilisation d'une plus grande quantité de recyclat pour fournir les mêmes propriétés que le produit équivalent fabriqué à partir du matériau primaire. Les expériences tirées de la pratique montrent qu'un substitut de matériau primaire de 90 % tient très vraisemblablement compte des points décrits ci-dessus.

Il existe une différence importante entre le recyclage du matériau et sa valorisation dans une usine d'incinération. En effet, lors du recyclage, le matériau perdure, même si sa quantité diminue légèrement du fait de pertes. Il reste ainsi disponible pour d'autres modes de valorisation.

Pour le PET, le PE et les briques, les études montrent que, du point de vue environnemental, le recyclage se révèle avantageux par rapport à l'élimination dans une usine d'incinération. Il est donc judicieux de maintenir ces matériaux aussi longtemps que possible dans le cycle de valorisation, et lorsque cela n'est plus possible pour des raisons de qualité, par exemple, de les éliminer dans une usine d'incinération offrant une valorisation énergétique équivalente.

## Riassunto

La Divisione Rifiuti e Materie prime dell'UFAM intendeva aggiornare i Bilanci ecologici degli imballaggi per le bevande, che hanno superato ormai i 10 anni. Basandosi sui dati attuali relativi alla produzione, alla logistica e al riciclaggio, oltre che alla raccolta differenziata, è stato richiesto di redigere i Bilanci ecologici completi per gli imballaggi per bevande attualmente in uso.

Scopo del presente studio è dare risposta sostanzialmente a due quesiti:

1. *Quale imballaggio rappresenta la soluzione ecologicamente più vantaggiosa per un determinato tipo e quantità di bevanda (per es. per 1 litro di succo d'arancia per consumo domestico o per 0,5 litri di bevanda rinfrescante per consumo extra domestico)?*

*Per un determinato tipo di bevanda esiste un imballaggio il cui utilizzo dovrebbe essere preferito?*

2. *A partire da che quantità/percentuale di raccolta per un determinato imballaggio (bottiglia di PET, bottiglia di PE, cartone) il riciclaggio risulta ecologicamente vantaggioso in confronto alla valorizzazione energetica?*

Lo studio è indirizzato al committente. Le conoscenze derivanti dal presente studio devono inoltre promuovere un confronto tecnico-specialistico sugli effetti ecologici degli imballaggi per bevande oggetto dell'indagine, a partire da una base di dati aggiornata. Un ulteriore target di riferimento è dunque il pubblico interessato al tema.

Per la comparazione dal punto di vista ecologico dei differenti imballaggi per bevande è stato impiegato il metodo del Bilancio ecologico (ACV). Si tratta del metodo attualmente più completo e significativo a disposizione per valutare gli impatti ambientali di prodotti e servizi.

Come base per il confronto (unità funzionale) si considerano:

- per il quesito 1: 1 litro di bevanda consumata in contesto domestico, extradomestico o in un punto di somministrazione
- per il quesito 2: il recupero o lo smaltimento di 1 tonnellata di imballaggi per bevande usati (PE, PET, cartone per bevande)

I dati relativi alla produzione dei vari imballaggi per bevande sono stati ricavati da studi esistenti realizzati di recente e verificati dai relativi produttori per quanto riguarda l'esattezza e l'aggiornamento. Nel caso in cui i dati non fossero disponibili (per es. in relazione ai contenitori in acciaio) sono stati rilevati ex novo. Per la valutazione degli impatti ambientali sono stati calcolati e utilizzati per le conclusioni sia differenti effetti sull'ambiente sia differenti metodi di valutazione con aggregazione totale in un solo indicatore. In questo caso è stato scelto come metodo principale il metodo di aggregazione globale della Scarsità ecologica (UBP, Punti di impatto ambientale, 2013). Per il significato di 100 UBP si veda l'Allegato A5.

### Osservazioni

- Impiego degli imballaggi per bevande
  - Per varie ragioni si impiegano imballaggi per bevande differenti a seconda del tipo di bevanda. Non esiste un'unica tipologia di imballaggio per bevande che risulti idonea per tutti i tipi di bevande.
  - La ponderazione delle funzioni varia anche a seconda della modalità di consumo (domestico, extradomestico, in punti di somministrazione), pertanto si utilizzano differenti imballaggi per bevande.
- In riferimento ai soli imballaggi

- Da un punto di vista ambientale è rilevante soprattutto la produzione dell’imballaggio.
- Gli imballaggi per bevande con un impatto ambientale piuttosto basso presentano la caratteristica di essere leggeri o utilizzabili più volte. Il beneficio prodotto dal riciclaggio dipende in grande misura dal materiale. Pertanto una percentuale di riciclaggio elevata non garantisce di per sé che un imballaggio per bevande sia ecologico.
- Gli imballaggi per bevande che hanno un impatto ambientale piuttosto elevato si distinguono soprattutto perché sono pesanti e monouso (cfr. Figura 1).
- Rilevanza degli imballaggi
  - Per la maggior parte delle bevande, a esclusione dell’acqua minerale, dal punto di vista ambientale il contenuto è molto più rilevante dell’imballaggio (cfr. Figura 2).
  - Di conseguenza l’esame dei soli imballaggi privi del contenuto può rivelarsi poco utile. Come hanno dimostrato le analisi della sensibilità, i tassi di perdita possono risultare decisivi per la scelta di un imballaggio ecologico. Di conseguenza per la valutazione ecologica risulta fondamentale anche la maggiore o minore alla considerazione della funzione di protezione e di praticità.
  - Il trasporto associato agli imballaggi nella maggior parte dei casi contribuisce solo in minima parte all’impatto ambientale. Un’eccezione può essere costituita dagli imballaggi riutilizzabili più volte.
  - Il trasporto privato in occasione dell’acquisto può produrre in breve tempo e in una sola volta un impatto ambientale superiore a quello degli imballaggi per bevande acquistati (cfr. Figura 3). In questo caso a ogni singolo consumatore è richiesto di rinunciare per quanto possibile all’automobile in occasione dell’acquisto, il che però non è semplice proprio per l’acquisto delle bevande per ragioni legate al peso. Se si utilizza l’automobile vale la pena di acquistare in una sola volta la maggiore quantità possibile di bevande e di sfruttare il viaggio per l’acquisto per compiere anche un’altra attività.
- Osservazioni relative ai diversi imballaggi
  - La **busta di PE** soddisfa tutte le funzioni necessarie con un peso minimo e un impatto ambientale conseguentemente inferiore in fase di produzione e smaltimento
  - I **cartoni per le bevande** presentano spesso una buona performance ambientale grazie alla combinazione di materiali e soddisfano tutte le funzioni necessarie in presenza di un peso ridotto. In Svizzera, tuttavia, non vengono riciclati nonostante la loro ottima riutilizzabilità. Se i cartoni per le bevande fossero riciclati al 70%,
    - il loro impatto ambientale si ridurrebbe da un quarto a metà e
    - i cartoni per le bevande se la caverebbero ugualmente bene, o addirittura meglio, dei migliori imballaggi per bevande oggetto del confronto.
  - Le **bottiglie di PET** dal punto di vista ambientale risultano, soprattutto per le bevande contenenti anidride carbonica, tra gli imballaggi per bevande con il minore impatto ambientale. In questo caso il basso peso ha un ruolo fondamentale tanto quanto la possibilità di recupero, relativamente buona. Le bottiglie di PET sono riciclate nell’80% dei casi. Il 35% delle bottiglie sono reimmesse direttamente nel ciclo di produzione delle bottiglie di PET.
  - Le **bottiglie di vetro riutilizzabili** dal punto di vista ambientale sono buone quanto le bottiglie in PET se le distanze di trasporto non superano le distanze medie di trasporto in Svizzera. Dal punto di vista ambientale oltre i 230 km non ha più alcun senso impiegare bottiglie di vetro riutilizzabili. All’eccellente idoneità allo smaltimento (riutilizzabilità) si contrappone un peso relativamente elevato con una trasportabilità di conseguenza inferiore (così per esempio un autocarro può trasportare un contenuto minore nel corso di ciascun viaggio).
  - Le **bottiglie di vetro monouso** rientrano in ogni caso tra gli imballaggi per bevande con il maggior impatto ambientale. Questo soprattutto in conseguenza del peso elevato e del fatto che le bottiglie dopo un solo utilizzo vengono sì riciclate, ma devono essere fuse nuovamente a 1600 °C con un

grande dispendio di energia. Da questo punto di vista l'idoneità allo smaltimento è inferiore rispetto alle altre tipologie di imballaggio.

- Le **lattine di alluminio** presentano una buona trasportabilità e idoneità allo smaltimento e vengono riciclate al 90%, anche se il costo di produzione dell'alluminio primario è relativamente elevato. Il fatto che il profilo ecologico della lattina di alluminio sia generalmente competitivo in confronto ad altri imballaggi per bevande è dovuto al peso ridotto e alla percentuale di riciclabilità elevata. Questa opzione ha un impatto ambientale inferiore rispetto alle bottiglie in vetro monouso, e dunque in molti centri commerciali è la più ecologica per la birra.
- Malgrado il **Bag-in-Box System** e il **fusto di acciaio** (keg) siano caratterizzati da un impatto ambientale relativamente basso, se si tiene conto soltanto del contenitore questi imballaggi per bevande presentano il problema dello svuotamento dei residui. Considerando l'idoneità limitata sotto il profilo della praticità, queste tipologie d' imballaggi per bevande in considerazione della perdita di contenuto non possono essere ritenuti più idonei dal punto di vista ambientale delle bottiglie di vetro riutilizzabili e delle bottiglie di PET.
- Mescita al bicchiere
  - Per la mescita al bicchiere, per es. di bevande zuccherate, dal punto di vista ambientale vale la pena di utilizzare contenitori in acciaio Postmix in combinazione con un boccale riutilizzabile (o un bicchiere).
  - L'impiego di detersivi per stoviglie privi di fosfati riduce notevolmente l'impatto ambientale in caso di lavaggio privato di bicchieri e boccali riutilizzabili.

### Raccomandazioni

Nella tabella 1 sono riportate le raccomandazioni relative agli imballaggi per bevande più idonei dal punto di vista ecologico a seconda del tipo di bevanda e della situazione di consumo, considerando le differenti funzioni (protezione, logistica e praticità).

**Tabella 1: Imballaggi da preferire a seconda del tipo di bevanda**

Tipo di bevanda	Consumo domestico	Consumo extradomestico	Consumo in un punto di somministrazione
Birra	Bottiglia di vetro riutilizzabile 0.33L e 0.5L Lattina di alluminio 0.5L (Bottiglia di PET 0.5L)*	(Bottiglia di PET 0.5L)* Lattina di alluminio 0.5L	Birra alla spina dal fusto (keg) Bottiglia di vetro riutilizzabile 0.5L
Succhi di frutta	Cartone per bevande 1.0L Bottiglia di PET 1.0L	Cartone per bevande 0.25L Busta di PE 0.2L	-
Tè freddo	Cartone per bevande 0.5L o 1.0L Bottiglia di PET 1.5L	Cartone per bevande 0.5L	-
Latte	Busta di PE 1.0L (latte pastor.)	-	-
Acqua minerale	Acqua di rubinetto con Sodastream	Bottiglia di PET 0.5L	-
Bevande zuccherate	Bottiglia di PET 1.5L Bottiglia di vetro riutilizzabile 0.75L e 1.0L	Bottiglia di PET 0.5L	Bevanda zuccherata alla spina in fusto da 20L (keg), Postmix in boccale riutilizzabile o bicchiere
Vino	Cartone per bevande 1.0L Bag-in-Box 5L Bottiglia di vetro 0.75L per vini non deperibili	-	-
Contenitori per mescita al bicchiere	-	-	Bicchieri Boccali riutilizzabili

\* A differenza di quanto avviene in altri Paesi, attualmente nei negozi al dettaglio svizzeri non è disponibile praticamente nessun tipo di birra in bottiglie di PET. Questo significa che il consumatore ha solo la lattina di alluminio come alternativa più ecologica per il consumo di birra extradomestico.

Non esiste dunque un unico imballaggio per bevande che risulti idoneo per tutti i tipi di bevande oggetto dell'indagine. Per vari buoni motivi è necessario ricorrere a differenti soluzioni di imballaggio perché i requisiti relativi alle tre funzioni di protezione, logistica e marketing (in particolare l'aspetto della convenienza legato a quest'ultima) sono differenti.

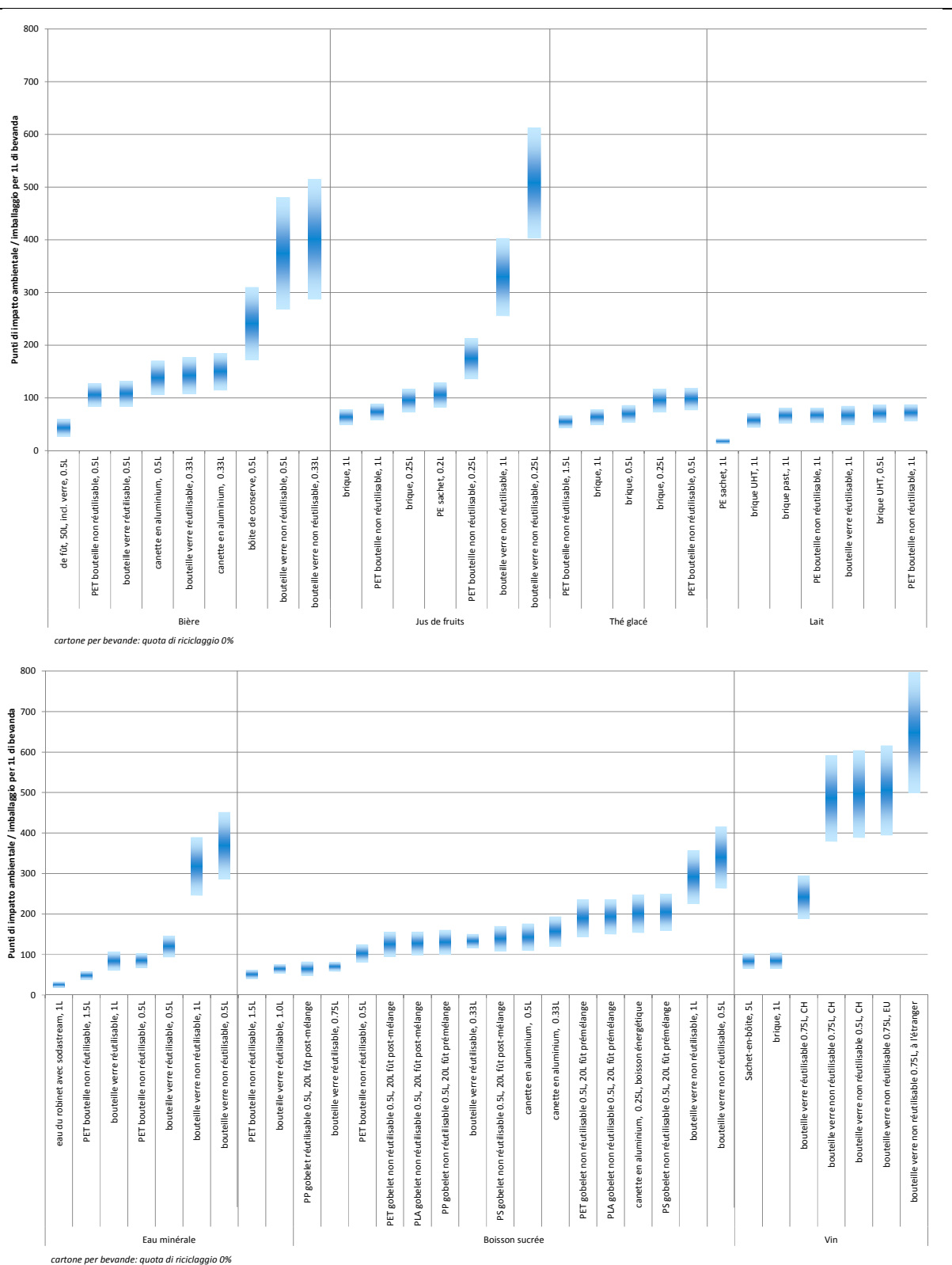
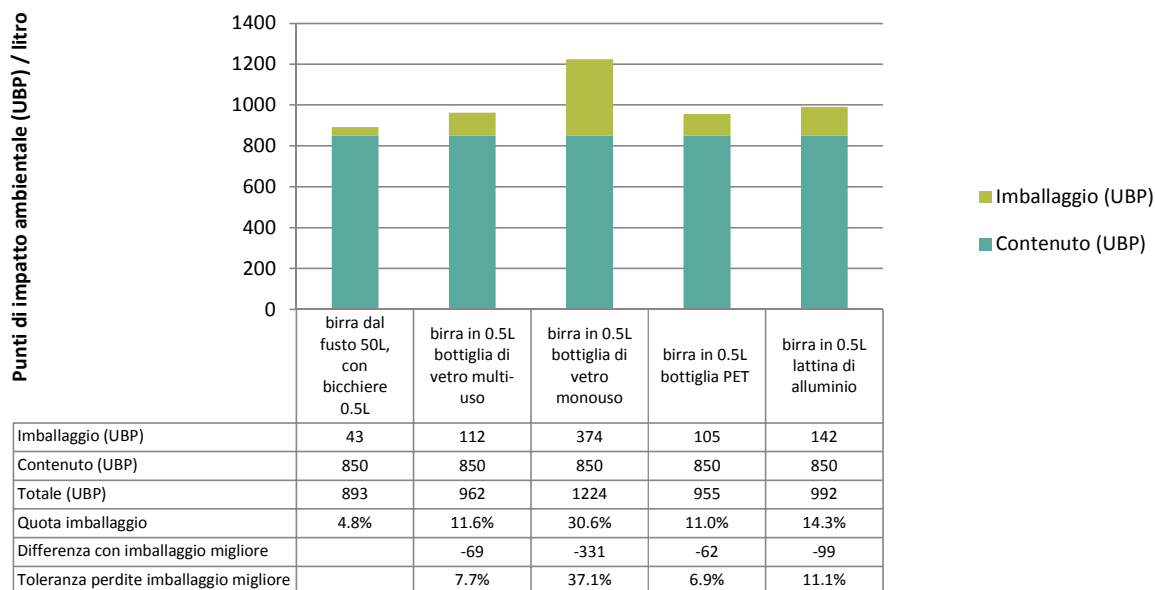


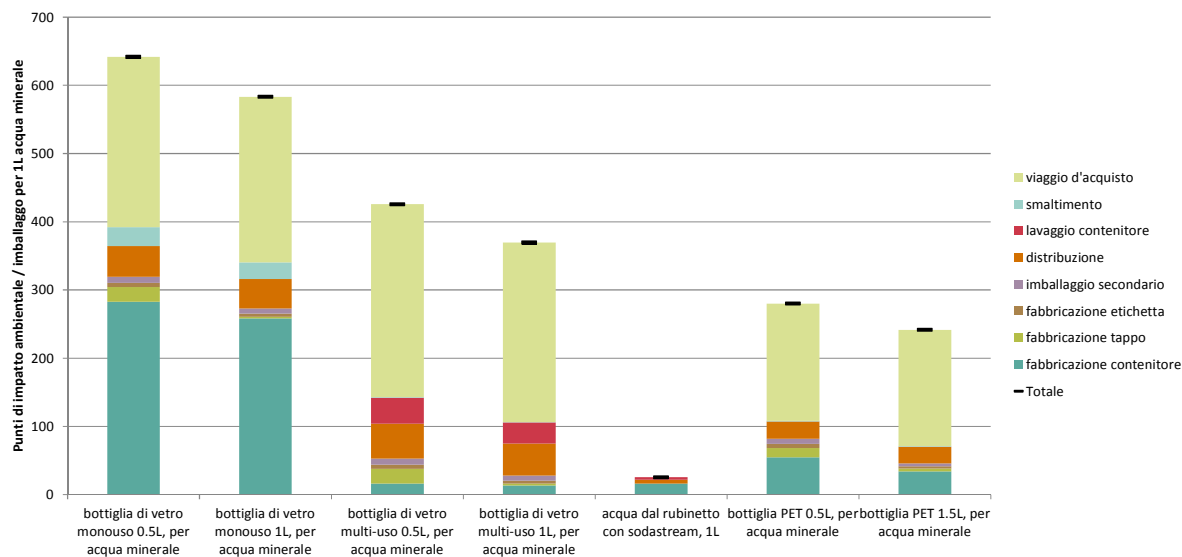
Figura 1: Metodo della scarsità ecologica 2013: Risultati per gruppo di bevande, ordinati



**Figura 2: Impatto ambientale dell'imballaggio di birra e della produzione di birra**

Punti di impatto ambientale: Metodo della scarsità ecologica 2013.

\* Con questi tassi di perdita delle migliori varianti di imballaggio l'impatto ambientale dei prodotti comparabili sarebbe identico



**Figura 3: Impatto ambientale di 1 l di acqua minerale, compreso il trasporto in occasione dell'acquisto**

Punti di impatto ambientale: Metodo della scarsità ecologica 2013.

### **Risultati relativi al riciclaggio di PET, PE e cartoni per le bevande**

Il risultato è fortemente influenzato dal potenziale di sostituzione del materiale riciclato e dal grado di valorizzazione energetica dell'inceneritore considerato. Nel caso della plastica la qualità diminuisce generalmente a ogni ciclo, per esempio a causa della contaminazione e dell'accorciamento della catena dei polimeri, cosicché il materiale primario spesso non può essere completamente sostituito. Questo fatto è all'origine di due considerazioni. Da un lato, generalmente un manufatto quale per esempio un profilato tubolare non può essere prodotto per il 100% con PE riciclato ma solo per il 15%. All'interno di questo 15%, tuttavia, il materiale primario può essere sostituito pressoché interamente con il PE riciclato. Ne consegue che la percentuale di sostituzione del materiale risulta effettivamente del 100%. Dall'altro lato esistono applicazioni che richiedono l'impiego di una quantità maggiore di materiale riciclato per ottenere le stesse proprietà del materiale nuovo corrispondente. Le esperienze derivanti dalla pratica quotidiana mostrano che una sostituzione del 90% del materiale primario permette di soddisfare il più possibile i punti sopra descritti. Una differenza sostanziale tra il riciclaggio meccanico e la valorizzazione in inceneritore consiste nel fatto che con il riciclaggio meccanico il materiale è ancora presente, anche se in quantità leggermente inferiori a causa delle perdite, e resta dunque a disposizione per altre modalità di recupero.

Le indagini sul riciclaggio del PET, del PE e dei cartoni per bevande mostrano che dal punto di vista ecologico il riciclaggio è più vantaggioso in confronto allo smaltimento in inceneritore. È dunque meglio mantenere i materiali oggetto dell'indagine il più a lungo possibile all'interno dei processi di riciclaggio e solo quando questo non è più possibile, per esempio per ragioni legate alla qualità, smaltirli in un inceneritore beneficiando della conseguente valorizzazione energetica.



# Summary

The FOEN (Federal Office for the Environment) Waste and Resources Division wish to update their LCA (Life Cycle Assessment) concerning beverage packaging, now over 10 years old. Utilising recent data regarding manufacture, logistics and re-use/recycling, including separated waste collection, comprehensive LCAs have been conducted for the most common drinks packaging.

The primary aim of the study is to answer the following two questions:

1. *Which packaging is the most environmentally-friendly for a specific beverage type and quantity (e.g. for 1 litre orange juice consumed at home, or for 0.5 litre refreshment drink consumed underway)?  
Is there a particular packaging for a specific drink that should be promoted?*
2. *As of what collection quantity/percentage for a particular packaging (PET bottle, PE bottle, drinks carton) does the best environmental solution involve material re-use /recycling rather than energy recovery?*

The study is intended for the use of the client. The results of this study will facilitate an informed dialogue concerning the environmental impacts of the investigated drinks packaging, on the basis of up-dated data. A further target group is therefore the interested public.

For the comparison of the various environmental impacts of the different drinks packaging, the Life Cycle Assessment (LCA) method was used. This is currently the most comprehensive and informative method for assessing the environment impacts of products and systems.

For the purposes of comparison, we will use the following functional units as a basis:

- For the first question: 1 litre drink, consumed at home, underway, or served in a catering establishment
- For the second question: the recycling or disposal of 1 tonne used beverage packaging (PE, PET, drinks cartons)

Data for the manufacture of the various drinks packaging was obtained from existing, but recent, studies, and which have been checked with manufacturers for their correctness and validity. Where data was not available (e.g. for steel containers), this was obtained anew.

To assess the environmental criteria, a range of potential impacts were examined, as well as various full aggregation evaluation methods, the results of which were calculated and used to draw conclusions. Of these the main approach adopted was that of the overall aggregated ecological scarcity method (eco-points 2013). For the meaning of 100 eco-points see Appendix A5.

## Findings

- Use of the drinks packaging
  - A number of drinks packaging variations are used, for good reasons, for the different beverage types. No single packaging is used for all the drink types in the study.
  - The different functions have as much influence on the choice of packaging as the consumption type (at home, underway, served).
- Concerning the packaging alone
  - From the environmental perspective, the manufacture of the packaging is the most significant consideration.
  - Drinks packagings with a lower environmental impact share the characteristics of lightness and high frequency of re-usability. The degree of recycling is strongly related to the material type. Therefore, a high recycling rate is not in itself a guarantee for an environmentally-friendly drinks packaging.
  - Drinks packagings which are heavier and mono-use tend to show higher environmental impacts (see Figure 1).
- Relevance of packaging
  - For most beverage types, with the exception of mineral water, the contents are clearly more relevant from an environmental perspective than the packaging (see Figure 2).
  - As a result, an isolated examination of the packaging without content is too limited in scope. As sensitivity analyses have shown, loss rates can be decisive for the choice of environmental packaging. Therefore, the environmental assessment also includes the degree to which the protection and convenience function is fulfilled.
  - Transport associated with the respective packaging contributes only a small part to the environmental impact in most cases. Exceptions may include multi-use packaging.
  - Private shopping trips by consumers can quickly outweigh the purchased drinks packaging in terms of environmental impact (see Figure 3). Here each consumer is asked wherever possible to avoid using the car in the purchase, which for the purchase of beverages is not easy, due to weight considerations. Where the car is used, it is better to purchase many drinks and to combine the shopping trip with other activities.
- Findings regarding the various packagings
  - **PE bags** are light, but nevertheless fulfil all necessary functions, with corresponding lower environmental impact during manufacture and disposal.
  - **Drinks cartons** often show good environmental performance thanks to the material combinations employed, and fulfil all necessary functions, with the advantage of relative low weight. Despite their good recyclability, in Switzerland they are rarely recycled. If drinks cartons were 70 % recycled, then:
    - their environmental impacts would reduce by a quarter to half, and
    - drinks cartons come out as well or even better in the assessment than the best comparable drinks packaging.
  - **PET bottles**, especially for carbonated drinks, belong to the drinks packaging with the lowest environmental impact, due to their low weight and good recycling potential. 80 % of PET bottles are recycled, of which 35 % go directly back into PET bottle manufacture.
  - **Multi-use glass bottles** are similar to PET bottles from the environmental perspective, provided transport distances do not exceed the average in Switzerland. For more than 230 km it makes no environmental sense to use multi-use glass bottles. The preferred disposal option (re-use) has to contend with a restricted transportability, thanks to the relatively high weight (less content transported per truck journey).
  - **Single-use glass bottles** belong in every case to the drinks packaging with the greatest environmental impact. This is due mainly to the high weight, and that the bottles, after a single use, to be re-

cycled must be melted at 1600 °C, with associated high energy costs. This means that their disposal rating is less favourable than other packaging types.

- **Aluminium cans** rank well for transport, and are recycled up to 90 %, although the manufacturing resource cost in primary aluminium is relatively high. The environmental profile of aluminium cans is overall competitive with other drinks packaging, on the basis of their low weight and high recycling rates. They have a lower environmental impact than single-use glass bottles, and therefore offer the most environmentally friendly option for beer in many shopping centres.
- The **Bag-in-Box System** and the **steel keg** show relatively low environmental impacts, when only the packaging is considered. But these drinks packagings can sometimes have the problem of draining the residues. Depending on the amount of the loss of content, these drinks packaging types may not be ranked better for environmental criteria as multi-use glass bottles or PET bottles.
- **Public catering**
  - A good environmental option in public catering, e.g. of sweet beverages, is the use of postmix steel tanks in combination with a multi-use beaker (or glass).
  - The use of phosphate-free dishwashing detergent considerably reduces the environmental impact of private washing of glasses and multi-use drinkware.

### Recommendations

Recommendations regarding the most environmental drinks packaging, for each drink type and consumption location, under consideration of the three functions (protection, logistics and convenience), are summarised in Table 1:

**Table 1: Preference of packaging by drink type**

<b>Drink type</b>	<b>Consumption at home</b>	<b>Consumption underway</b>	<b>Consumption in public catering</b>
Beer	glass bottle, multi-use 0.33L and 0.5L aluminium can 0.5L (PET bottle 0.5L)*	(PET bottle 0.5L)* aluminium can 0.5L	beer on tap (keg) glass bottle, multi-use 0.5L
Fruit juice	drinks carton 1.0L PET bottle 1.0L	drinks carton 0.25L PE bag 0.2L	-
Ice Tea	drinks carton 0.5L or 1.0L PET bottle 1.5L	drinks carton 0.5L	-
Milk	PE bag 1.0L (pasteurised)	-	-
Mineral water	Tap water with sodastream	PET bottle 0.5L	-
Sweet drink	PET bottle 1.5L glass bottle, multi-use 0.75L and 1.0L	PET bottle 0.5L	Sweet drink from 20L keg, postmix in multi-use beaker or glass
Wine	drinks carton 1.0L Bag-in-Box 5L glass bottle 0.75L for storable wine	-	-
Containers for public catering	-	-	glasses multi-use beakers

\* To the contrary of abroad, today in Switzerland practically no beer can be found in PET bottles in Swiss retail shops. This means that the consumer has elected the most environmentally friendly alternative for beer consumption, the aluminium can.

There is therefore no single drinks packaging for all beverage types. For good reason, there are a number of packaging solutions, while the requirements for the three functions of protection, logistics, and marketing (in particular with regards the offer of convenience), vary between them.

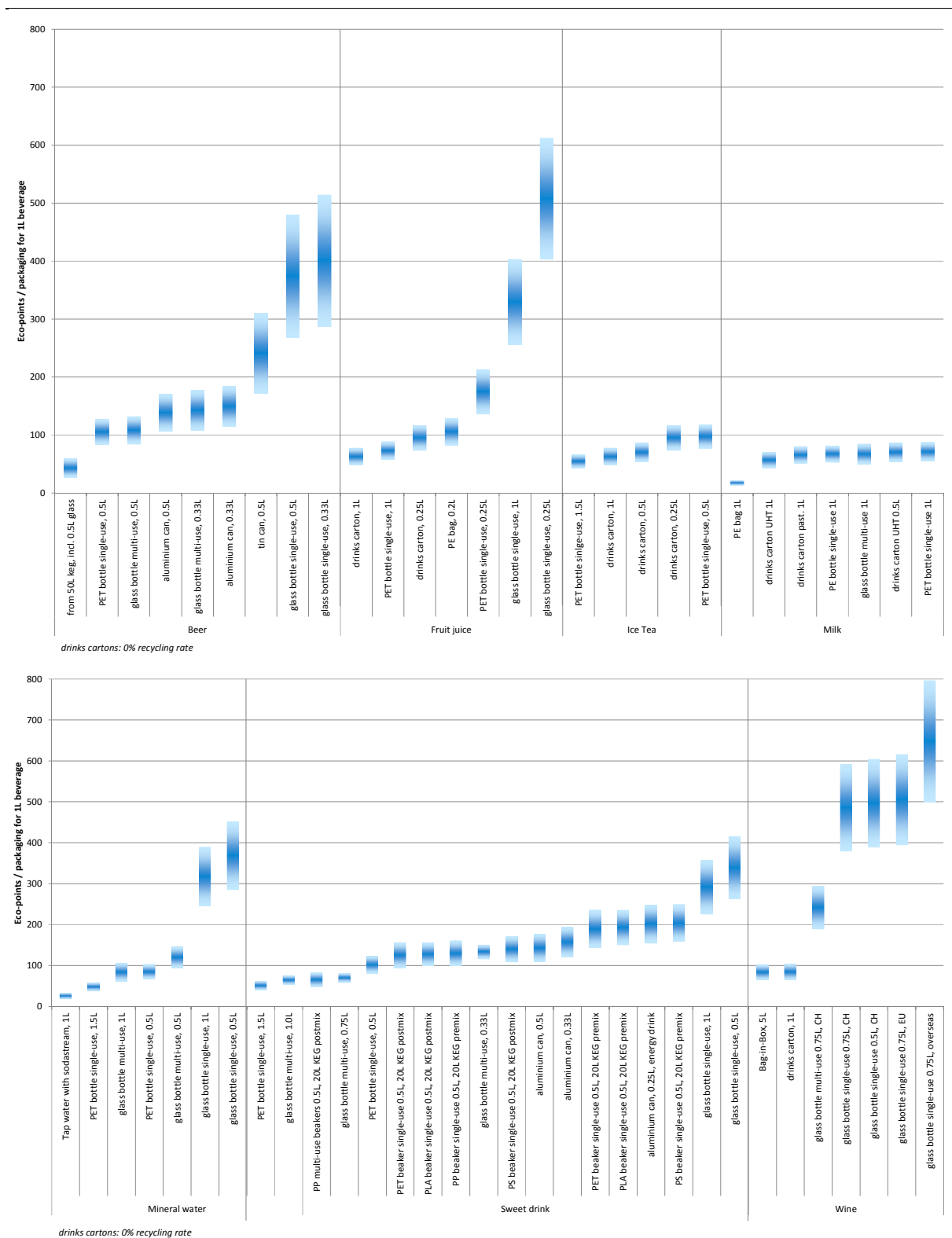
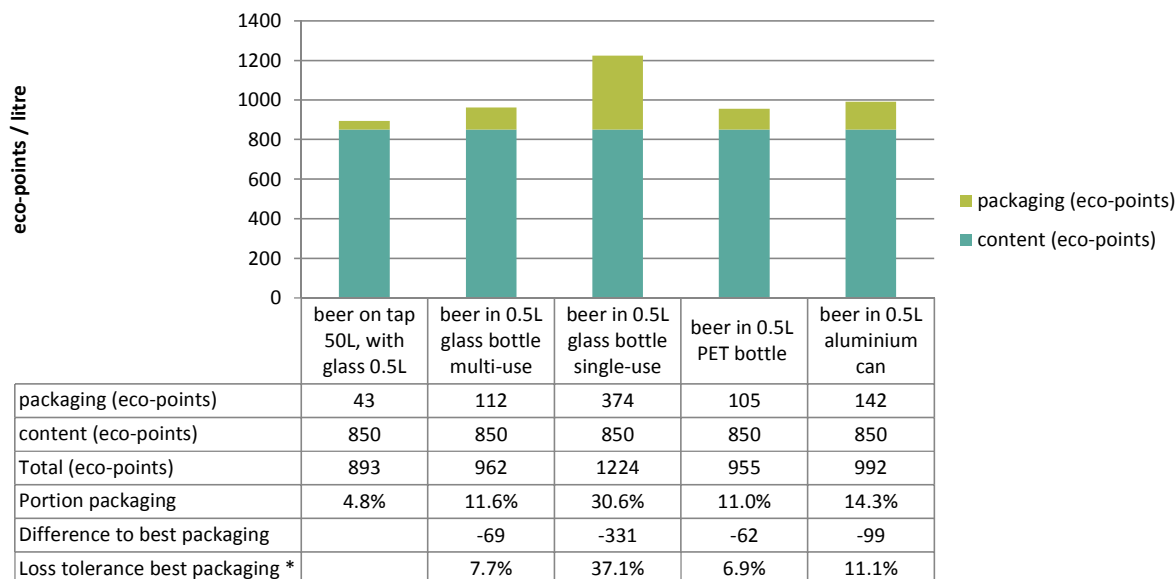


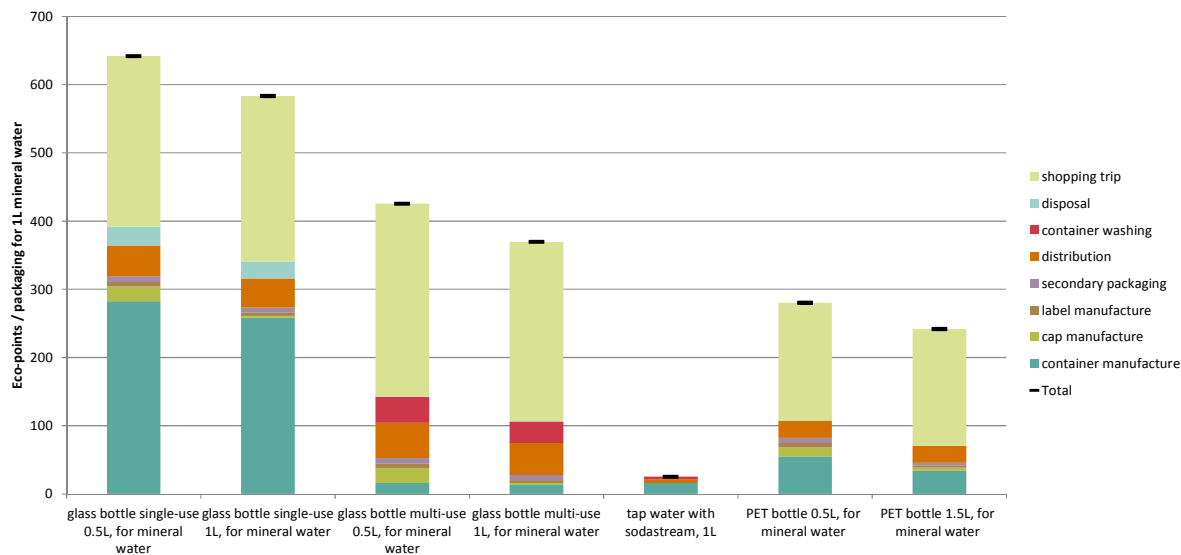
Figure 1: Eco-points 13 Results per beverage group, sorted



**Figure 2: Environmental impact of beer packaging and beer manufacture**

Eco-points: Ecological scarcity method 2013.

\* At the best packaging variation loss rate, the environmental impact of the compared product is the same



**Figure 4: Environmental impact of 1L mineral water, incl. shopping trip**

Eco-points: Ecological scarcity method 2013.

### **Results for PET, PE and drinks carton recycling**

The results are strongly influenced by the replacement potential of the recycled material, and the degree of energy recovery during waste incineration. In the case of plastic, the quality generally degrades with each cycle, e.g. due to contamination and shortening of the polymer chains, so that often primary material cannot be replaced 1:1.

This fact leads to two different considerations: on the one hand, a product, e.g. a pipe, can often not be made 100% from recycled PE, but only 15%. This 15%, however, is in effect a 1:1 substitution for primary material. Hence, a 100% recycling rate is obtained in reality.

On the other hand, there are applications in which a higher quantity of recycled material must be used to obtain the same properties as a product made entirely from new material. Practical experience indicates that a 90% primary product substitution best satisfies the criteria discussed above.

An important difference between the recycling of material and energy recovery in an incinerator lies in the fact that with recycling, the material, although reducing in quantity due to losses, still exists, and therefore remains available for other types of re-use/recycling.

The investigations of PET, PE and drinks carton recycling show that recycling is a preferable environmental route compared to disposal in an incinerator. For the investigated materials it therefore makes sense to retain material recycling as long as possible in the life cycle, and only when, e.g. for quality reasons, it is no longer viable, to recover the energy of the material in a waste-to-energy process, primarily in an incinerating plant.

# 1 Ausgangslage und Auftrag

## 1.1 Ausgangslage

Die heute aktuellste, vergleichende Ökobilanzstudie zur Umweltbelastung von Getränkeverpackungen des BAFU wurde anfangs 2003 veröffentlicht. Diese Studie "Einweg- und Mehrweg-Verpackungen für karbonisierte Getränke im ökologischen Vergleich" (EW-MW-Studie) der Wagner & Partner SA (2002) enthält Informationen über die Umweltverträglichkeit von Glasflaschen, PET-Flaschen und Aluminiumdosen bzw. Stahlblechdosen in einem eingeschränkten Getränkesegment aus dem Jahr 2002 und früher. Nicht nur haben sich in den letzten 10 Jahren die im Getränkemarkt eingesetzten Getränkeverpackungen verändert, sondern auch die Situation bei den Separatsammlungen und der Verwertung der verbrauchten Verpackungen wurde wesentlich verbessert. Es fehlen in dieser Studie von 2003 vergleichende Informationen zu Getränkekartons und Informationen zur Verwendung von karbonisiertem Leitungswasser und dessen Offenausschank in Mehrwegbechern. Ausserdem basieren die Ökobilanzberechnungen allein auf der Bewertungsmethode Eco-Indicator 99. Die Bewertungsmethoden wurden seither ebenfalls weiterentwickelt.

In diesem Zusammenhang beabsichtigt die Abteilung Abfall und Rohstoffe vom BAFU die heute über 10-jährigen Ökobilanzen von Getränkeverpackungen zu aktualisieren. Basierend auf aktuellen Daten zu den Separatsammelsystemen und der Herstellung der Verpackungen sollen von den heute gebräuchlichen Getränkeverpackungen umfassende Ökobilanzen erstellt werden.

## 1.2 Auftrag

Die Firma Carbotech AG wurde beauftragt, mit einer Ökobilanzstudie die nachfolgend aufgeführten Fragen zu beantworten:

1. *Welche Verpackung ist für eine bestimmte Getränkeart und Menge (z. B. für 1 Liter Orangensaft zuhause konsumiert oder für 0.5 Liter Erfrischungsgetränk unterwegs konsumiert) die ökologisch vorteilhafteste Verpackungslösung?  
Gibt es für eine bestimmte Getränkeart eine Verpackung, deren Verwendung gefördert werden sollte?*
2. *Ab welcher Sammelmenge/-quote ist für eine bestimmte Verpackung (PET-Flasche, PE-Flasche, Getränkekarton) die stoffliche Verwertung gegenüber der energetischen Nutzung ökologisch vorteilhaft?*

Aus diesen Fragestellungen ergeben sich Zusatzbetrachtungen, die ebenfalls abgeklärt wurden (siehe dazu auch Kapitel 3.10 Sensitivitätsanalysen)

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Carbotech AG in keiner Weise an den hier erwähnten Unternehmen beteiligt oder von ihnen abhängig ist und umgekehrt. Damit ist die Voraussetzung für die Durchführung einer neutralen Ökobilanz gegeben. Aus Ressourcen- und Vertraulichkeitsgründen ist der dokumentierte Detaillierungsgrad und damit die Transparenz eingeschränkt.





## 2 Vorgehen und Methodik

Heute besteht Konsens, dass die Lebenszyklusanalyse oder Ökobilanz die umfassendste und aussagekräftigste Methode ist, um die Umweltauswirkungen von Produkten und Systemen zu beurteilen. Daher wird diese Methode verwendet, um die Umweltauswirkungen der betrachteten Getränkeverpackungen zu eruieren.

In diesem Kapitel werden die verwendete Methode, das Vorgehen sowie die verwendeten Daten und die getroffenen Annahmen beschrieben.

### 2.1 Allgemeine Beschreibung der Ökobilanzierung

Die Ökobilanzierung oder Lebenszyklusanalyse ("Life Cycle Assessment", LCA) ist eine Methode, um die Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten auf die Umwelt zu erfassen, zu beurteilen und daraus Optimierungspotentiale abzuleiten. Aufgrund der Komplexität der Natur und des globalen Wirtschaftssystems reicht es nicht, nur einzelne Problemstoffe oder lokale Auswirkungen zu betrachten. Aus dem Anspruch an eine umfassende Bewertung ergeben sich die folgenden Anforderungen an die Methode:

- Möglichst umfassende Berücksichtigung der verschiedenen Umweltauswirkungen
- Berücksichtigung des gesamten Lebensweges
- Quantifizierung der Umweltauswirkungen
- Bewertung der verschiedenen Auswirkungen als Basis für Entscheidungen
- Wissenschaftlich abgestützt, um eine hohe Zuverlässigkeit und Akzeptanz zu erreichen

Die Ökobilanzierung ist diejenige Methode, welche heute diese Anforderungen am besten erfüllt. Die Ergebnisse der Ökobilanz können eingesetzt werden:

- als Entscheidungshilfen bei verschiedenen Varianten
- zur Erfassung der relevanten Auswirkungen
- in der strategischen Planung zur Ermittlung von Optimierungspotentialen
- zur Ermittlung der wesentlichen Einflussfaktoren
- zur Beurteilung von Massnahmen
- zur Ableitung von Handlungsempfehlungen

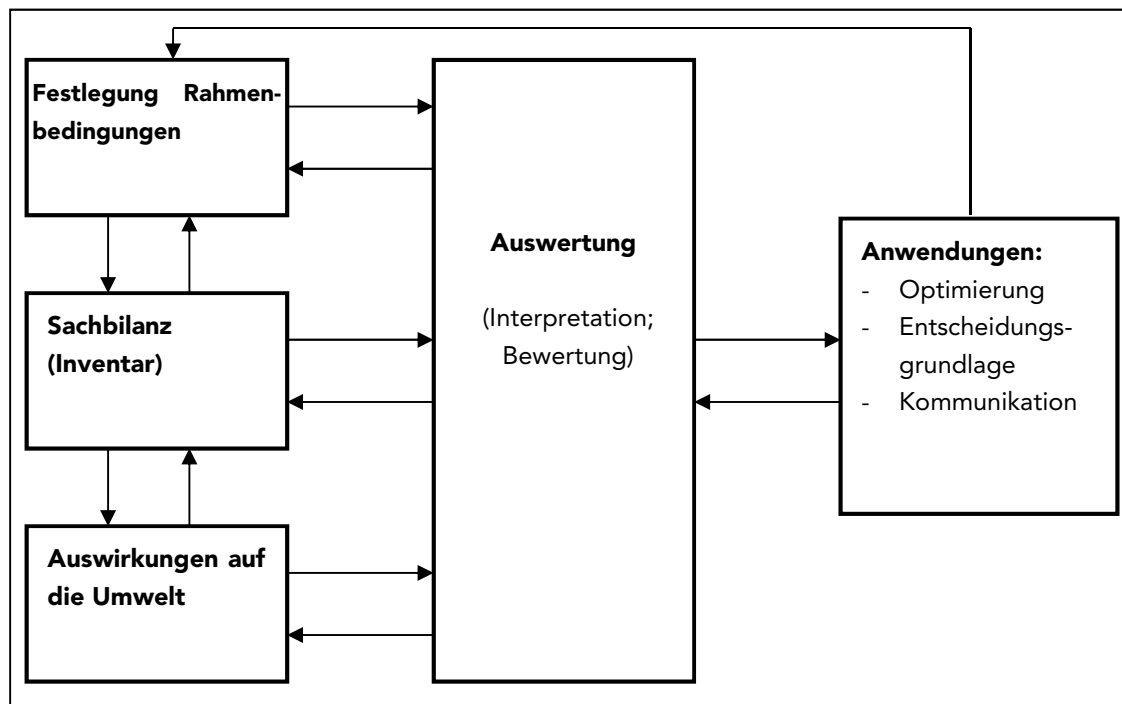
### 2.2 Vorgehen bei der Ökobilanzierung

Nachdem die Fragestellung und die zu untersuchenden Systeme definiert sind, werden die Waren-, Stoff- und Energieflüsse sowie der Ressourcenbedarf erfasst. Anschliessend werden die Auswirkungen auf die Umwelt mit Hilfe von gewählten Indikatoren, welche diese Wirkungen beschreiben, bestimmt. Mit dem Ziel, die Ergebnisse mit einer Kennzahl auszudrücken und damit die Auswertung zu ermöglichen oder zumindest zu erleichtern, kann eine Bewertung der verschiedenen Umweltauswirkungen durch eine entsprechende Gewichtung erfolgen.

Nach ISO 14'040ff (ISO, 2006a) und (ISO, 2006b) umfasst eine Ökobilanz die folgenden Schritte:

- Festlegen der Zielsetzungen und Systemgrenzen (Rahmenbedingungen)
- Erfassen der relevanten Stoff- und Energieströme sowie des Ressourcenbedarfs (Sachbilanz)
- Bestimmen der Auswirkungen auf die Umwelt (Wirkbilanz)
- Interpretation der Umweltauswirkungen aufgrund der Zielsetzungen (Bewertung)
- Erarbeiten von Massnahmen (Optimierung)

Wie Abbildung 5 zeigt, ist dies kein linearer Prozess, sondern ein interaktiver Erkenntnis- und Optimierungsprozess.



**Abbildung 5: Schritte einer Ökobilanz nach ISO 14040ff**

Die vorliegende Studie richtet sich weitgehend nach der Norm ISO 14'040; das Vorgehen entspricht in den wesentlichen Aspekten deren Anforderungen. In gewissen Punkten, wie der Verwendung von gesamt aggregierenden Methoden, geht die vorliegende Studie jedoch über die Norm hinaus.

## 3 Zielsetzung und Rahmenbedingungen

Die Definition der zu untersuchenden und vergleichenden Systeme hängt von der Zielsetzung bzw. Fragestellung ab. Daraus ergeben sich unterschiedliche Rahmenbedingungen und Systemgrenzen. Die Systemgrenzen definieren, welche Prozesse und vorgelagerten Prozesse berücksichtigt werden. Dabei müssen der zeitliche und geographische Rahmen der verwendeten Daten sowie die zu untersuchenden Umweltauswirkungen festgelegt werden. Dies ist der erste und sehr wichtige Schritt bei der Erstellung einer Ökobilanz.

### 3.1 Fragestellungen

Wie in Kapitel 1 bereits erwähnt, sollen mit dieser Arbeit die folgenden Fragestellungen beantwortet werden:

1. *Welche Verpackung ist für eine bestimmte Getränkeart und Menge (z. B. für 1 Liter Orangensaft zuhause konsumiert oder für 0.5 Liter Erfrischungsgetränk unterwegs konsumiert) die ökologisch vorteilhafteste Verpackungslösung? Gibt es für eine bestimmte Getränkeart eine Verpackung, deren Verwendung gefördert werden sollte?*
2. *Ab welcher Sammelmenge/-quote ist für eine bestimmte Verpackung (PET-Flasche, PE-Flasche, Getränkekarton) die stoffliche Verwertung gegenüber der energetischen Nutzung ökologisch vorteilhaft?*

### 3.2 Externes Review

Die Studie wurde einem Critical Review angelehnt an ISO 14'040/44 (2006a, b) unterzogen. Das Reviewverfahren wurde studienbegleitend durchgeführt.

Als Gutachter wurde Paul W. Gilgen, ehemaliger Leiter der EMPA Forschungsabteilung „Ökologie“ und Ordentliches Einzelmitglied der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) beigezogen.

### 3.3 Anwendung und Zielgruppe der Studie

Die Studie richtet sich an den Auftraggeber. Die Erkenntnisse aus der vorliegenden Studie sollen zudem einen sachorientierten Dialog über die ökologische Bewertung der untersuchten Getränkeverpackungen, ausgehend von einer aktuellen Datengrundlage, fördern. Eine weitere Zielgruppe ist daher auch die interessierte Öffentlichkeit.

### 3.4 Betrachtete Verpackungen

Seitens des Auftraggebers wurde vorgeschlagen, sieben verschiedene Getränkegruppen zu betrachten, um mögliche systembedingte Unterschiede zwischen den Verpackungen (z. B. unterschiedliche Gewichte pro Liter Füllgut) korrekt abzubilden. Die Auswahl der Getränkeverpackungen basiert auf dem Bedürfnis des Auftraggebers und den häufigsten verwendeten Getränkeverpackungen pro Getränkegruppe. Die erste Fra-

gestellung wurde somit auf folgende sieben definierte Getränkegruppen mit den jeweiligen Getränkeverpackungen angewendet:

- Bier
  - Glasflasche Mehrweg (MW) in Harass (0.33 L, 0.5 L)
  - Glasflasche Einweg (EW) in Harass (0.33 L, 0.5 L)
  - PET-Flasche EW (0.5 L)
  - Aluminiumdose (0.33 L, 0.5 L)
  - Stahlblechdose (0.5 L)
  - Fass (50 L)
  
- Fruchtsäfte
  - Glasflasche EW (0.25 L, 1 L)
  - PET-Flasche EW (0.25 L, 1 L)
  - Getränkekarton (0.25 L, 1 L)
  - Kunststoffbeutel (0.2 L)
  - Bag-in-Box (5 L)
  
- Ice Tea
  - Glasflasche MW (0.5 L)
  - Glasflasche EW (0.5 L)
  - PET-Flasche (0.5 L, 1.5 L)
  - Getränkekarton (0.25 L, 0.5 L, 1 L)
  - Offenausschank in EW-Becher/MW-Gläser (0.3-0.5 L)
  
- Milch
  - Glasflasche MW (1 L)
  - PET-Flasche EW (1 L)
  - Getränkekarton (0.5 L, 1 L)
  - PE-Flasche EW (1 L)
  - Kunststoffbeutel (1 L)
  
- Mineralwasser
  - Glasflasche MW (0.5 L, 1 L)
  - Glasflasche EW (0.5 L, 1 L)
  - PET-Flasche EW (0.5 L, 1.5 L)
  - Leitungswasser mit Sodastream (1 L)
  
- Süssgetränke/Erfrischungsgetränke/Energy drinks
  - Glasflasche MW (0.33 L, 0.75L, 1 L)
  - Glasflasche EW (0.5 L, 1 L)
  - PET-Flasche EW (0.5 L, 1.5 L)
  - Aluminiumdose (0.25 L, 0.33 L, 0.5 L)
  - Stahlbehälter 20 L mit Ausschank in EW-Becher/MW-Gläser (0.3-0.5 L)

- Wein
  - Glasflasche EW (0.5 L, 0.75 L) mit Abfüllung in CH / EU / Übersee
  - **Glasflasche MW (0.75 L)**
  - **Getränkekarton (1 L)**
  - Weinfass mit Abfüllung in Flaschen (kurze Transportwege)
  - Bag-in-Box (5 L)

### 3.5 Betrachtete Verwertungsszenarien

Um die 2. Fragestellung zu beantworten, wurden für die drei Verpackungstypen PET-Flaschen, PE-Flaschen und Getränkekarton jeweils getrennt folgende Verwertungsszenarien untersucht und verglichen:

- Entsorgung in der KVA mit Energienutzung
- Recycling für neue Produkte in der Schweiz mit unterschiedlichen Recyclingquoten

### 3.6 Vergleichsbasis, die "funktionelle Einheit"

Die Bewertung eines Produktes oder Prozesses muss immer relativ zu Alternativen erfolgen, welche denselben Nutzen erbringen bzw. dieselbe Funktion erfüllen. Die Grösse, auf welche sich der Vergleich bezieht, wird als funktionelle Einheit bezeichnet.

Als funktionelle Einheit wird für die 1. Fragestellung in dieser Untersuchung verwendet:

- 1 Liter Getränk, zuhause konsumiert
- 1 Liter Getränk, unterwegs konsumiert

Als funktionelle Einheit wird für die 2. Fragestellung in dieser Untersuchung verwendet:

- Die Verwertung bzw. Entsorgung von 1 Tonne gebrauchter Getränkeverpackung (PE, PET, Getränkekarton)

Um dem Umstand Rechnung zu tragen, dass die verschiedenen Verwertungs-/Entsorgungswege zu ungleichen, nicht direkt vergleichbaren Produkten führen, müssen die Systemgrenzen entsprechend erweitert werden, siehe dazu Kapitel 3.9.

### 3.7 Systemgrenzen

Die Ökobilanz betrachtet die potentiellen ökologischen Auswirkungen der Verpackungskomponenten "von der Wiege bis zur Bahre", d. h. von der Extraktion der Rohstoffe über deren Verarbeitung zu Packstoffen und Verpackungen, inklusive der Transportprozesse, der Nutzung und bis hin zur Entsorgung. Entsprechend des Ökobilanz-Ansatzes werden soweit möglich alle umweltrelevanten Prozesse über den gesamten Lebensweg erfasst und bewertet.

### **Inhaltliche Systemgrenzen**

Die vorliegende Studie umfasst im Wesentlichen die folgenden Prozesse und Dienstleistungen (siehe auch Abbildung 6):

- Herstellung, Recycling und Entsorgung der Getränkeverpackung
- Herstellung, Recycling und Entsorgung der Transportverpackung
- Herstellung von Grund- und Hilfsstoffen sowie materiellen Ressourcen wie Wasser
- Transporte der Grund- und Hilfsstoffe inkl. der dazu benötigten Infrastruktur und Treibstoffbereitstellung
- Distribution vom Abfüller zum Verkaufsort inkl. der dazu benötigten Infrastruktur und Treibstoffbereitstellung
- Kühlbedarf beim Offenausschank und damit verbundene Ressourcen
- Retrodistribution bei Mehrwegverpackungen im Zusammenhang mit Recyclinganstrengungen, inkl. der dazu benötigten Infrastruktur und Treibstoffbereitstellung
- Bereitstellung der Energieträger wie Erdöl, Erdgas, Kohle oder Strom etc.
- Bereitstellung der (Neben-) Produkte, welche bei der Verwertung entstehen, wie z. B. Strom oder Wärme

Für alle diese Prozesse werden die Auswirkungen durch Emissionen in Boden, Luft und Wasser sowie der Ressourcenbedarf, wie energetische Ressourcen oder Landnutzung, berücksichtigt.

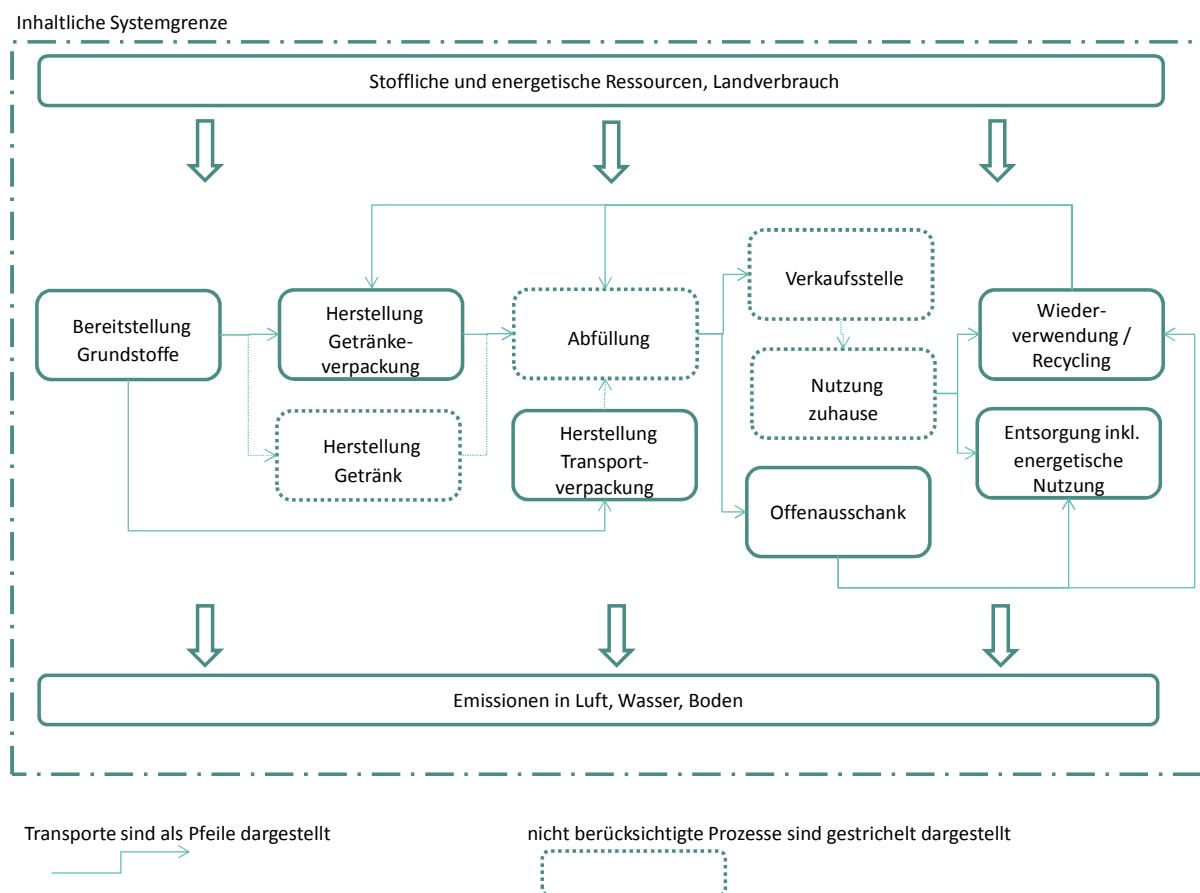
Nicht berücksichtigt werden all jene Lebenswegabschnitte, welche nicht direkt der Getränkeverpackung zuzuordnen sind. In der vorliegenden Studie wurden daher folgende Aspekte nicht berücksichtigt:

- Herstellung der Getränke (mit Ausnahme exemplarischer Darstellungen)
- Abfüllung der Getränke
- Transporte, die dem Getränk zuzuordnen sind (siehe dazu Kapitel 4.13.1)
- Emissionen am Verkaufspunkt
- Heimtransport vom Laden durch den Endkonsumenten
- Transport der leeren Verpackungen von zuhause zur Sammelstelle
- Kühlung der Getränke zuhause
- Verluste als Folge von beschädigten Verpackungen

Die Infrastruktur der verschiedenen Verarbeitungsbetriebe wurde abgeschätzt. Erfahrungsgemäss sind deren Beiträge nicht entscheidend für das Resultat.

Es wurden möglichst alle Inputmaterialien und -energien berücksichtigt, welche im jeweiligen Teilprozess des Lebensweges mehr als 1 % der Masse des Outputs in dem Prozess umfassen.

Insgesamt umfasst die Systemgrenze auch die Sammlung und Aufbereitung gebrauchter Verpackungen. Für die dabei entstehenden Sekundärmaterialien und Nutzenergie aus der thermischen Abfallverwertung werden Gutschriften angerechnet (siehe dazu Kapitel 3.8 und 3.8.2)



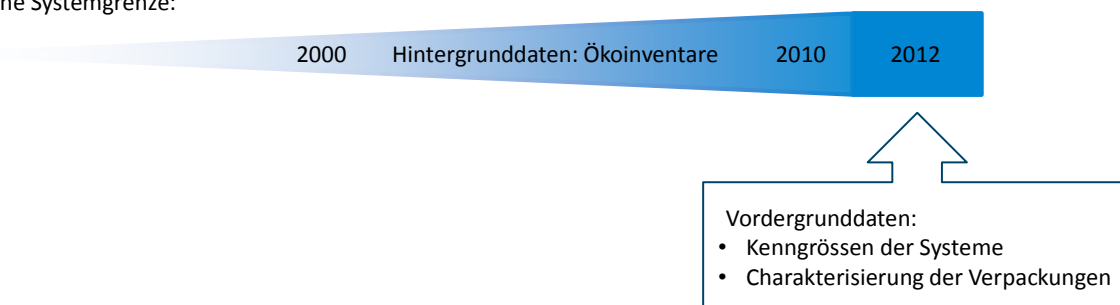
**Abbildung 6: Schematische Darstellung der inhaltlichen Systemgrenze**

### Zeitliche Systemgrenzen

Da es sich bei den untersuchten Getränkeverpackungen um relativ kurzlebige Produkte handelt, wurde als zeitliche Systemgrenze die aktuelle Situation der Schweiz verwendet (2012). Dies bedeutet einerseits, dass für alle Vordergrunddaten wie die Kenngrößen der Systeme und die Charakterisierung der Verpackungen aktuelle Herstellerdaten aus dem Jahr 2012 verwendet wurden (siehe auch Abbildung 7). Mögliche Veränderungen, wie z. B. eine höhere Energienutzung in der KVA oder ein anderer Strom-Mix, wurden mit Sensitivitätsanalysen abgedeckt.

Für Hintergrunddaten (Prozessdaten, Ökoinventare) gilt ein Bezugszeitraum zwischen den Jahren 2010 und 2000 – in Einzelfällen wurden auch ältere Prozessdaten verwendet, sofern keine neueren verfügbar waren. Das heisst, es wurde angestrebt, dass die Gültigkeit der verwendeten Daten auf den genannten Zeitraum zutrifft bzw. möglichst nahe an diesen Zeitraum heranreicht.

Zeitliche Systemgrenze:

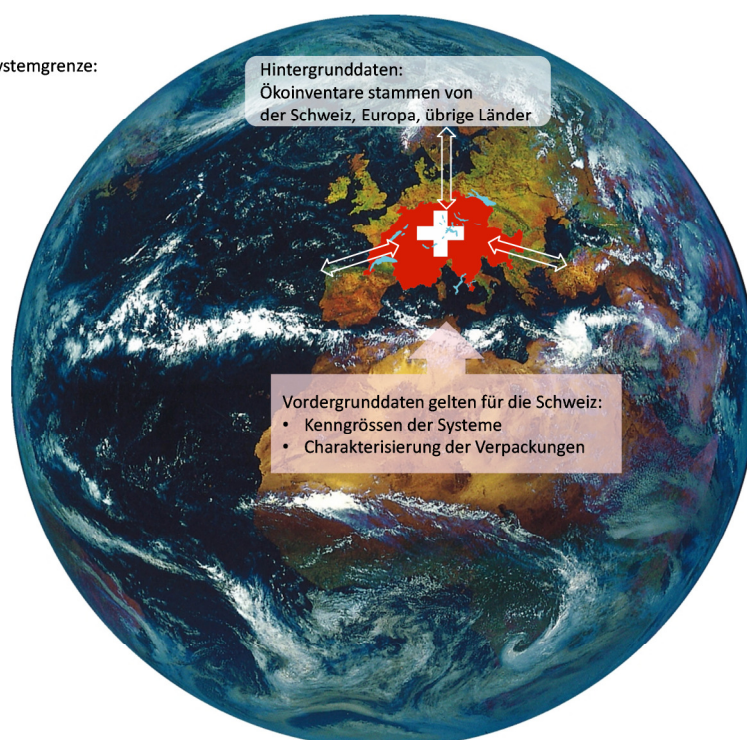


**Abbildung 7: Schematische Darstellung der zeitlichen Systemgrenze**

### Räumliche Systemgrenzen

Der geographische Rahmen für die Vordergrunddaten (Kenngrößen der Systeme und Charakterisierung der Verpackungen) dieser Studie ist die Schweiz. Als Strom-Mix wurde entsprechend für die Herstellung in der Schweiz der Schweizer Versorgungs-Mix verwendet. Für die Hintergrunddaten (Ökoinventare, Prozessdaten) wurden soweit möglich die Gegebenheiten der entsprechenden Länder oder ein europäischer Mix berücksichtigt. Der in der Realität zu einem gewissen Mass stattfindende Getränkeimport und -export wurde in den Basisszenarien insofern berücksichtigt, als dass mengengewichtete Mittelwerte der Transportdistanzen verwendet wurden. Dies betrifft z. B. beim Mineralwasser insbesondere die Importe aus Frankreich (Evian und Vittel) und Italien (San Pellegrino) sowie beim Bier und Wein alle ausländischen Produkte. Der Einfluss langer Importwege wurde anhand von Wein-Import Szenarien genauer analysiert.

Geografische Systemgrenze:



**Abbildung 8: Schematische Darstellung der räumlichen Systemgrenze**



## 3.8 Allokation

Die Modellierung der betrachteten Produktsysteme erfordert an verschiedenen Stellen die Anwendung so genannter Allokationsregeln (Zuordnungsregeln). Die Frage der Allokation stellt sich dann, wenn ein Produktsystem neben dem eigentlichen, über die funktionelle Einheit abgebildeten Nutzen, weitere Zusatznutzen erbringt. Dies ist der Fall, wenn das untersuchte Produktsystem Energie- und Materialflüsse für andere Produktsysteme bereitstellt oder Abfälle verwertet. In dieser Studie wurde je nach Fragestellung und Datenbasis ein anderes Allokationsverfahren durchgeführt. Die Wichtigsten werden im Folgenden kurz beschrieben.

### 3.8.1 Entsorgung in KVA mit Energienutzung

Wird zum Beispiel eine Kunststoffflasche in einer Kehrlichtverbrennungsanlage entsorgt, wird neben der eigentlichen Entsorgungsdienstleistung heutzutage auch Strom und Fernwärme produziert. Je nach KVA fallen diese Nebenprodukte der Entsorgung unterschiedlich aus. Im schweizerischen Durchschnitt generieren die KVAs pro verbranntes Megajoule (MJ, unterer Heizwert) 16 % Strom und 26.4 % Wärme (Rytec 2012). Diese zusätzlich generierten Energieformen ersetzen die Energieträger UCTE<sup>1</sup>-Strom-Mix (als Approximation für den Grenzstrom-Mix<sup>2</sup>), respektive Wärme produziert aus Erdgas oder Heizöl. Gemäss BFE (2011) beträgt das Verhältnis von Erdgas und Heizöl am Schweizer Wärmebedarf 0.395 zu 0.605.

Inwiefern dieser Zusatznutzen nun den in die Entsorgung geführten Produkten (in unserem Beispiel wäre dies die Kunststoffflasche) angerechnet werden soll, hängt von der Betrachtungsweise und der Fragestellung ab:

- Geht es aus Herstellersicht darum, welches Material für eine Verpackung eingesetzt werden soll, sind wir der Meinung, dass der oben beschriebene Zusatznutzen nicht dem Hersteller angerechnet werden sollte, da er keinen Beitrag zur Energiegewinnung beisteuert (dieser liegt alleine beim KVA Betreiber). Im Sinne des Verursacherprinzips ist er aber verantwortlich dafür, dass dieses Material entsorgt werden muss, d. h. ihm wird die ganze Umweltbelastung der Entsorgung ohne Gutschrift angerechnet.
- Ist die Frage jedoch ganzheitlicherer Natur, d. h. geht es darum, welche Optionen aus Sicht des Gesamtsystems zu befürworten oder zu unterstützen sind, dann sollten die Nebenprodukte der Entsorgung mitberücksichtigt werden, da sonst Schlüsse auf einer unvollständigen Systembetrachtung gemacht würden.
- Aus diesem Grund erachten wir die Anrechnung der Energienutzung an die Verpackungen in dieser Studie als notwendig. Die Gutschrift setzt sich dabei pro MJ Energiegehalt aus 0.16MJ UCTE-Strom-Mix und 0.264MJ Wärme (0.395 Nutzwärme Erdgas, 0.605 Nutzwärme Heizöl) zusammen.

### 3.8.2 Umgang mit Recycling – Allokationsansätze

Viele der untersuchten Verpackungsmaterialien gelangen auf die eine oder andere Weise in ein Recyclingsystem. Die damit verbundenen Einsparungen an Neumaterial wurden bei den jeweiligen Getränkeverpackungen mitberücksichtigt. Da es verschiedene Ansätze gibt, wie das Recycling angerechnet werden kann,

---

<sup>1</sup> Die Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity (UCTE) war für die Koordinierung des europäischen Netzverbundes zuständig. Mitglieder waren alle Länder ausser Irland, Grossbritannien, die nordischen und baltischen Länder. Seit 2009 wurden die Aufgaben der UCTE vom übergeordneten Verband ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) übernommen, bei dem alle europäischen Länder Mitglieder sind. Der UCTE-Mix ist jedoch als Approximation für den Grenzstrommix besser geeignet als der ENTSO-E-Mix.

<sup>2</sup> Als Grenzstrom wird diejenige Art der Strombereitstellung verstanden, die bei einem zusätzlichen Bedarf an Strom eingesetzt würde, bzw. der Kraftwerkspark der abgeschaltet würde bei einer Reduktion der Nachfrage nach Elektrizität. Da die Schweiz einen Stromhandel mit Europa betreibt, wird als Annäherung für den Grenzstrom-Mix hier der Europäische Strom-Mix UCTE verwendet.

soll im Folgenden hergeleitet werden, welchen Allokationsansatz bei welchem Material in dieser Studie verwendet wurde.

### 3.8.2.1 Definition von Sammel- und Recyclingquote

Im Zusammenhang mit Recycling wird oft von Recyclingquoten oder –raten, oder aber auch von Sammelquoten gesprochen. In dieser Studie werden diese Begriffe folgendermassen verwendet:

#### **Sammelquote**

Anteil der verkauften Menge einer Verpackung, welche gesammelt und dem Recycling zugeführt wird.

#### **Recyclingquote**

Anteil einer verkauften Menge eines Materials, welche als Rezyklat im Recyclingprozess entsteht. Das heisst, die Recyclingquote berücksichtigt allfälliger Verluste, die während dem Recyclingprozess anfallen.

Entsprechend sind die Sammelquoten höher als die Recyclingquoten. Zu beachten ist, dass beim PET Recycling die Sammelquote über 100% liegt, da in der Schweiz mehr gesammelt als verkauft wird.

Für die Berechnungen wurden die Recyclingquoten verwendet. Das heisst, die Menge an Material, die nach den Verlusten des Recyclingprozesses übrig bleibt.

### 3.8.2.2 Stoffflüsse – closed loop oder open loop?

In der Ökobilanzierung wird zwischen den folgenden zwei Arten von werkstofflichem Recycling unterschieden: "closed loop" und "open loop" Recycling. Nach ISO 14'040 kennzeichnen sie sich wie folgt (ISO 2006b):

- Geschlossener Kreislauf (closed loop)  
Bei diesem Kreislauf können aus Rezyklat wieder Produkte in gleicher Qualität hergestellt werden. Das Rezyklat ersetzt neues Material zu 100 %. Im Rahmen der Ökobilanzierung ist bei diesem Ansatz nicht wesentlich, dass dasselbe Produkt hergestellt wird, sondern ob das rezyklierte Material dieselben inhärenten Materialeigenschaften wie das ursprüngliche Material besitzt und damit Produkte von gleicher Qualität hergestellt werden können, siehe dazu auch z. B. ISO 14'040.
- Offener Kreislauf (open loop)  
Bei diesem Kreislauf wird das Rezyklat einer anderen stofflichen Verwertung zugeführt, wobei das Material veränderte Eigenschaften hat. Falls die Qualität des Rezyklats nicht die gleichen Anforderungen wie das Neumaterial erfüllt, kann es wegen der eingeschränkten Verwendung nicht 100 % des Neumaterials ersetzen. Es ist daher notwendig, eine Allokation zur Abbildung des Minderwertes vorzunehmen. Gemäss ISO 14040 können als Basis für die Allokation physikalische Eigenschaften oder ökonomische Werte verwendet werden. Sowohl bei PET und PE open loop Recycling liegt der ökonomische Wert des Rezyklats mit 0.58 respektive 0.55 relativ tief. In der Praxis zeigt sich jedoch, das PET- und PE-Rezyklate je nach Produkt durchaus bis zu 100 % Primärmaterial ersetzen. Dies ist zum Beispiel bei PET-Tragtaschen der Fall. Ein anderes Beispiel sind PE-Rohre, bei denen aufgrund der Materialeigenschaften zwar nur bis ca. 20 % PE-Rezyklat beigemischt werden kann, die eingesetzten 20 % ersetzen jedoch fast 1:1 primäres PE. Als Erfahrungswert wurde in dieser Studie deshalb für den Allokationsfaktor mit einem Ersatzpotential von 0.9 gerechnet (persönliche Mitteilung von Herrn Tonner, Innorecycling, 2013), da dies dem eigentlichen Ersatz von Primärmaterial näherkommt als der ökonomische Faktor.

Die Systembetrachtung als geschlossener oder offener Kreislauf kann einen wesentlichen Einfluss auf das Resultat haben, da bei einem offenen Kreislauf üblicherweise dem Rezyklat nicht der volle Wert für den Ersatz von Neumaterial angerechnet wird. Bei den hier untersuchten Systemen sind die Stoffflüsse (offener

oder geschlossener Kreislauf) einerseits nicht immer gleich und andererseits nicht immer eindeutig. In dieser Studie wurde für die untersuchten Materialien jeweils der heutige closed loop und open loop Anteil eruiert und entsprechend angerechnet (siehe Tabelle 2).

**Tabelle 2: Recyclinganteil in der Schweiz der untersuchten Materialien (BFS 2012) sowie deren Nachfrage**

<b>Material</b>	<b>Anteil closed loop</b>	<b>Anteil open loop</b>	<b>Marktsituation</b>
PET-Flaschen	30%	50%	Wachsende Nachfrage nach PET Sekundärmaterial
PE-Flaschen	0%	10% (60% bei Milchflaschen)	Wachsende Nachfrage nach PE Sekundärmaterial
Getränkekarton	0%	<1% <sup>3</sup>	Hohe Nachfrage nach Karton Sekundärmaterial
Aluminium Dosen	91%	0%	Hohe Nachfrage nach Alu Sekundärmaterial
Weissblech Dosen	86%	0%	Hohe Nachfrage nach Blech Sekundärmaterial
Glasflaschen	80%	16%	Hohe Nachfrage nach Glas Sekundärmaterial

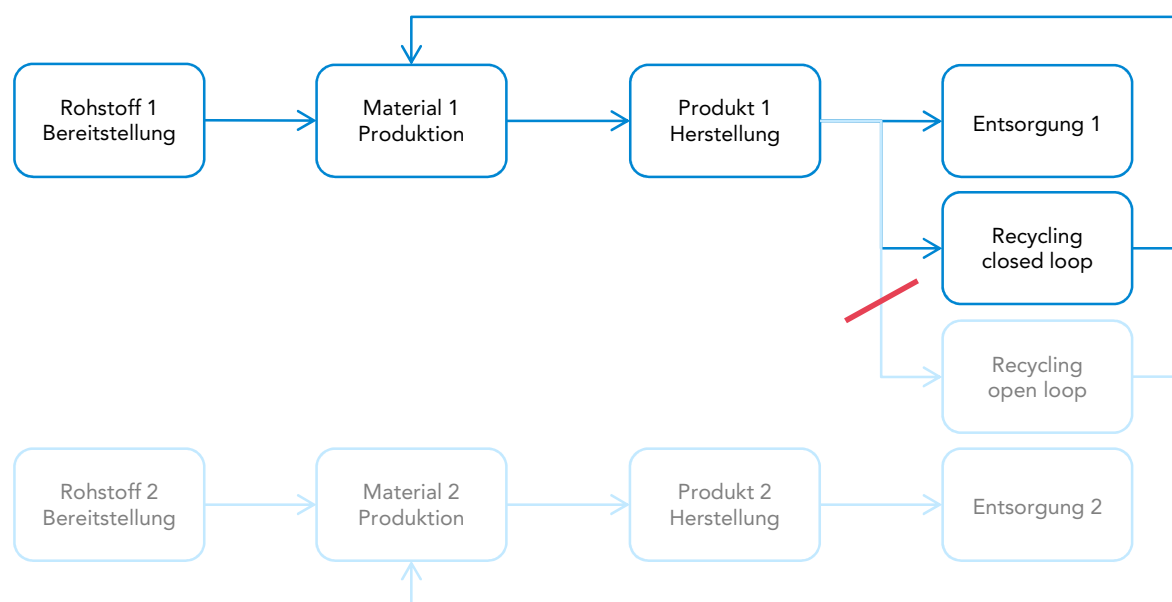
<sup>3</sup> In anderen Ländern werden Getränkekartons durchaus gesammelt

### 3.8.2.3 Allokationsansätze fürs Recycling

Die Festlegung von Allokationsfaktoren lässt sich nicht alleine mit wissenschaftlichen Erwägungen begründen, sondern stellt eine Konvention dar, in die auch Werthaltungen einfließen. Verschiedene, in der Literatur anzutreffende Allokationssätze sind denkbar, wenn es um die Abbildung von Recyclingsystemen geht. Im Folgenden werden die wichtigsten kurz beschrieben.

#### Recycled Content Ansatz (Cut-Off)

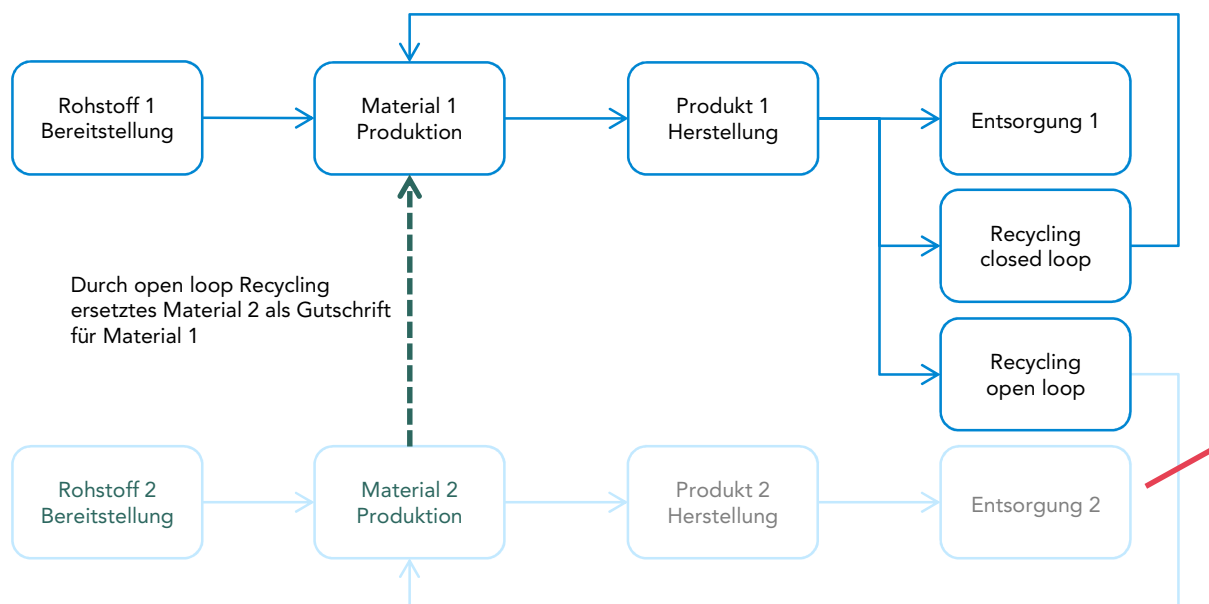
Der Cut-Off Ansatz macht eine klare Trennung im Recyclingzyklus am Punkt, an dem ein Material am Ende seiner Gebrauchsphase der Recyclingsammlung zugeführt wird (verdeutlicht durch die rote Linie in Abbildung 9). Alle kommenden Prozesse werden dem neuen Recyclingprodukt zugeschrieben. Alle vorgängigen Prozesse inklusive Entsorgung (wenn nicht das gesamte Material dem Recycling zugeführt wird) werden dem vorgängigen Produkt zugeordnet. Der Cut-Off Ansatz wird beispielsweise in der ecoinvent Datenbank verwendet. Sein Vorteil liegt in der einfachen Handhabung und klaren Zuordnung.



**Abbildung 9: Cut Off Ansatz beim Recycling**

### Substitutionsprinzip (Recyclability substitution approach, ILCD 2010)

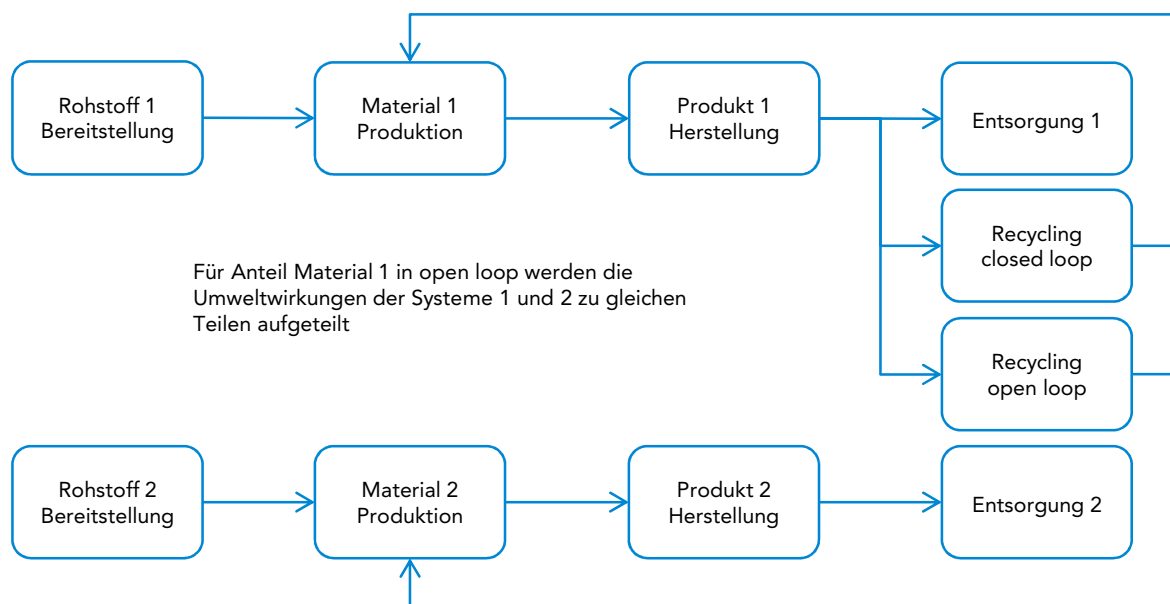
Beim Substitutionsprinzip wird im Prinzip auch ein Cut-Off angewendet (verdeutlicht durch die rote Linie in Abbildung 10). Weiter wird jedoch für die Recyclingbestrebung eine Gutschrift vergeben, die sich aus der Differenz der Herstellung des Neumaterials und des Recyclingmaterials ergibt. Falls es sich um ein Down-Cycling handelt, wird die Gutschrift noch mit einem Faktor, welcher das ökonomische Werteverhältnis zwischen Neu- und Recyclingmaterial wiedergibt, korrigiert. Das Substitutionsprinzip nach ILCD (2010) wurde insofern angepasst, als dass nicht der ökonomische Faktor, sondern das eigentliche Ersatzpotential verwendet wurde. Weist das betrachtete Ausgangsprodukt einen höheren Rezyklatanteil auf als effektiv ins Recycling geht, wird eine negative Gutschrift (Malus) gegeben.



**Abbildung 10: Substitutionsprinzip beim Recycling**

### Fifty-fifty für open loop

Die "50:50"-Methode wird häufig in Deutschland für open loop Systeme angewandt. Der Nutzen für Sekundärmaterialien wird bei dieser Methode im Verhältnis 50:50, also paritätisch, zwischen dem abgebenden und dem aufnehmenden System aufgeteilt. Im Fall einer werkstofflichen Verwertung von PET-Flaschen besteht der Nutzen im Ersatz von primärem PET aus Erdöl. Dem PET Einwegsystem wird dieser Nutzen bilanztechnisch in Form einer Gutschrift angerechnet. Die Höhe der Gutschrift beträgt dabei 50 % des Massenanteils der durch den Einsatz von PET Rezyklat substituierten Primär-PET-Herstellung. Bei der 50:50-Methode wird demnach sowohl den abgebenden als auch aufnehmenden Systemen der gleiche ökobilanzielle Anreiz zu verstärktem Recycling gegeben.



**Abbildung 11: Fifty-fifty Ansatz beim Recycling**

#### 3.8.2.4 In dieser Studie verwendete Ansätze je Material

Der Allokationsansatz wurde in dieser Studie vom Verhalten der Märkte für die Materialien abhängig gemacht. Dabei wird die Haltung vertreten, dass in wachsenden oder gleichbleibenden Märkten mit einer wachsenden Nachfrage nach Materialien und Recyclingprodukten der Substitutionsansatz die Systeme am besten abbildet, beziehungsweise Anreize schafft, möglichst viel dem Recycling zuzuführen. Hingegen dürfte für Märkte mit einer geringen Nachfrage nach Recyclingprodukten der Recycled Content Ansatz sinnvoller sein, da er den Anreiz schafft, möglichst viel Rezyklat im Produkt zu verwenden.

Aufgrund der momentan vorherrschenden Marktsituationen (siehe Tabelle 2) wurde für sämtliche Materialien das Substitutionsprinzip angewandt. Diese Argumentation gilt nur, solange es sich um kurzlebige Güter handelt, was in dieser Studie bei allen Produkten der Fall ist.

### 3.9 Systemerweiterung

Mit der Systemerweiterung wird dem Umstand Rechnung getragen, dass verschiedene Verfahren zu ungleichen Produkten führen können und daher nicht direkt miteinander vergleichbar sind. Um die Vergleichbarkeit herzustellen, müssen die untersuchten Systeme so erweitert werden, dass sie den gleichen Nutzen haben. Hierzu ein Beispiel: Bei der Verbrennung von PE in einer KVA wird Strom und Wärme hergestellt. Wird PE recycelt, muss entsprechend Strom und Wärme anderweitig (z. B. aus fossilen Ressourcen) hergestellt werden. Umgekehrt muss, wenn das PE verbrannt wird, neues PE hergestellt werden, da das verbrannte Material nicht mehr für den PE-Stoffkreislauf zur Verfügung steht. Durch diese Erweiterung wird die Vergleichbarkeit der verschiedenen Szenarien hergestellt (siehe auch Tabelle 3).

Methodisch kann die Vergleichbarkeit auf zwei Arten erreicht werden:

#### Basket of Benefits

Alle zusätzlichen Nutzen eines Systems, wie z. B. Strom und Wärme bei der KVA, müssen bei den anderen Systemen zusätzlich bereitgestellt werden. Entsprechend werden die Belastungen durch diese Bereitstellung bei den anderen Systemen berücksichtigt. Das heisst, es wird der gesamte "Korb an Nutzen" (Basket of Benefits) berücksichtigt. Die zusätzlichen Belastungen die aus diesem Ansatz resultieren, sind im oberen Teil der Tabelle 3 im roten Bereich mit einem „+“ dargestellt.

#### Avoided Burdens

Für die zusätzlichen Nutzen eines Systems und die damit vermiedenen Belastungen (Avoided Burdens) werden diesem System entsprechende Gutschriften gewährt. Die Gutschriften die aus diesem Ansatz resultieren sind im unteren Teil der Tabelle 3 im grünen Bereich mit einem „-“ dargestellt.

Auch wenn die absoluten Resultate der beiden Ansätze sehr unterschiedlich sein können, so sind die Differenzen der untersuchten Systeme gleich. Der Vorteil des Ansatzes Basket of Benefits besteht darin, dass die Umweltauswirkungen aller Nutzen aufgeführt sind. Der Nachteil ist, dass es dabei geschehen kann, dass die Summen sehr gross und entsprechend die relativen Unterschiede zwischen den untersuchten Systemen sehr klein werden. Dies kann einen Vergleich und die Schlussfolgerungen erschweren. Demgegenüber werden bei der Methode Avoided Burdens durch die Vergabe von Gutschriften Differenzen gebildet, welche zu kleinen Werten und grossen relativen Unterschieden führen. Dies zeigt die Unterschiede zwischen den Systemen besser auf, kann jedoch auch zu Fehlinterpretationen führen, falls die relativen Unterschiede wohl gross, jedoch nur scheinbar signifikant sind. In dieser Studie wurde der Ansatz Avoided Burdens verwendet wegen der übersichtlicheren Darstellung der Systeme und weil die Gefahr der Fehlinterpretation dank der Unsicherheitsanalyse (siehe Kapitel 3.15) als gering eingestuft wird.

**Tabelle 3: Systemerweiterungen "Basket of Benefits" und "Avoided Burdens"**

<b>Basket of Benefits</b>	<b>KVA</b>	<b>Recycling</b>
Granulat oder Karton	+ Materialherstellung	
Strom		+ ab Netz
Wärme		+ ab Erdgas/Erdöl
<b>Avoided Burdens</b>		
Granulat oder Karton		- Materialherstellung
Strom	- ab Netz	
Wärme	- ab Erdgas/-öl	

Lesebeispiel: Der jeweilige Nutzen der Verwertungen ist beim Ansatz Avoided Burdens als Gutschrift mit einem "-" im grün markierten Bereich ausgewiesen. Dieser Nutzen muss beim Ansatz Basket of Benefits in den anderen Systemen ebenfalls erbracht werden und ist als zusätzliche Belastung mit einem "+" im rot markierten Bereich aufgeführt.

## 3.10 Sensitivitätsanalysen

Sensitivitätsanalysen dienen dazu, die Ergebnisrelevanz von Systemannahmen und Datenunsicherheiten zu überprüfen. In gemeinsamer Absprache mit dem Auftraggeber wurden die nachfolgend aufgelisteten Sensitivitätsanalysen durchgeführt, um die entsprechenden Fragestellungen zu beantworten:

- Vergleich Transport Mehrweg Glas- gegen PET-Flaschen  
Wie verändert sich die ökobilanzielle Performance von MW-Glasflaschen in Abhängigkeit der Transportdistanzen? Zudem soll aufgezeigt werden, ab welchen Transportdistanzen PET-Flaschen einen ökologischen Vorteil gegenüber den Mehrwegflaschen aufweisen.
- Einfluss Transportdistanz und -typ beim Wein  
Weine werden nicht nur aus der Schweiz und Europa, sondern auch von Übersee bezogen. Es wurde untersucht, welche Relevanz die unterschiedlichen Transportdistanzen für die Weinverpackung Glasflasche aufweist.
- Relevanz des Transportes im Vergleich zur Herstellung der Verpackung  
Ab welcher Distanz wäre die Umweltbelastung des Transportes gleich hoch wie die der Herstellung?
- Professionelles und häusliches Abwaschen von Gläsern und Bechern im Vergleich.
- Vergleich Inhalt zu Verpackung an ausgewählten Beispielen, um die Relevanz von allfälligen Inhaltsverlusten darzustellen
- Relevanz des Heimtransportes sowie des Transportes zu den Sammelstellen
- Getränkekartons mit 70% Sammelquote:  
Wie würden die Getränkekartons mit 70% Sammelquote im Vergleich zu den anderen Getränkeverpackungen abschneiden?

## 3.11 Sachbilanz

In der Sachbilanz wird ein Modell für das zu bilanzierende Produktsystem entworfen und es werden die Energie- und Stoffflüsse der damit verbundenen Prozesse erfasst. Diese umfassen:

- Die Beziehungen eines Prozesses mit anderen Prozessen der Technosphäre, wie z. B. Menge an benötigten Rohmaterialien, Hilfsstoffen, Energiebedarf, Transporte oder Verwertungs- beziehungsweise Entsorgungssysteme.
- Die Beziehungen eines Prozesses mit seiner natürlichen Umwelt der Ökosphäre, wie z. B. Bedarf an Ressourcen (fossile Energieträger, Landressourcen etc.) und Emissionen, wie z. B. CO<sub>2</sub>, VOC, Methan, Stickoxide u. a.

Für die Berechnung der Sachbilanz und der darauf folgenden Berechnung und Bewertung der Umweltwirkungen wurde die von der Carbotech entwickelte Ökobilanzsoftware EMIS Version 5.7 verwendet.

### 3.11.1 Herkunft Vordergrunddaten

Daten für die Herstellung der diversen Getränkeverpackungen wurden aus kürzlich durchgeführten, bestehenden Studien entnommen und bei den jeweiligen Herstellern überprüft. Gewisse Daten (z. B. zu den Stahlbehältern) wurden neu erhoben. Die Datengrundlage pro Material ist separat im Kapitel 4 näher beschrieben.



### 3.11.2 Annahmen und Berechnungsgrundlagen (Hintergrunddaten)

Für die Basisprozesse wie z. B. Bereitstellung der fossilen Energieträger und des Stromes, Transporte, Entsorgung in der KVA sowie für das Erstellung der Sachbilanz, Beziehung der Prozesse mit der natürlichen Umwelt sowie die Modellierung aller Grundlagenprozesse werden meistens bestehende Grundlagedaten weitgehend aus ecoinvent Version 2.2 verwendet. Dabei handelt es sich um Daten, welche einen sehr hohen Qualitätsstandard haben und auch international anerkannt sind.

Bei der Verbrennung in der KVA wurden die chemischen Zusammensetzungen der Abfälle und die entsprechenden Transferkoeffizienten berücksichtigt.

#### **Berichtigung Prozess "Prozessspezifisches Kehrrechtverbrennung"**

Die Datengrundlagen in ecoinvent v2.2 berücksichtigen, dass gewisse Emissionen wie NO<sub>x</sub>, Staub oder auch Dioxin bis zu einem bestimmten Grad immer bei Verbrennungsprozessen in der KVA auftreten, unabhängig davon, welches Material entsorgt wird. In ecoinvent v2.2 wird dies im Prozess "Prozessspezifisches Kehrrechtverbrennung" berücksichtigt. Dieser wurde ebenfalls verwendet, jedoch wurde eine für dieses Projekt wesentliche Anpassung an diesem Prozess aus ecoinvent v2.2 vorgenommen. Die in diesem Prozess angegebenen Dioxin-Emissionen (TCDD-Äquivalente, als 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin) betragen 7.5 ng/kg Abfall. Dies entspricht bei einem Abluftstrom von 6 Nm<sup>3</sup> einer Konzentration von 1.25 ng/Nm<sup>3</sup>. Dieser Wert liegt weit über dem heute gültigen Grenzwert von 0.1 ng/Nm<sup>3</sup>. Entsprechend wurde der Wert auf 0.6 ng Dioxin/ kg Abfall reduziert. Dieser Wert kann bei heutigen KVAs als maximaler Wert angesehen werden.

#### **Aktualisierung Primäraluminium und Sekundäraluminium**

Da die ecoinvent Inventare für die Herstellung von Primäraluminium und Sekundäraluminium auf veralteten Daten aus dem Jahr 1998 basieren, wurde die Herstellung von Primäraluminium und Sekundäraluminium neu erstellt auf Basis von Inventardaten der europäischen Aluminiumindustrie (EAA 2008).

#### **Aktualisierung Polystyrol (PS) Granulat**

PlasticsEurope hat ein neues Polystyrol Granulat Eco-Profile veröffentlicht, welches auf Herstellungsdaten von 2010 basiert (PlasticsEurope, 2012). Da das ecoinvent Inventar PS Granulat auf veralteten Daten von PlasticsEurope basiert, wurde das neue Eco-Profile eingelesen. Je nach Bewertungsmethode weist das neue Inventar um 9 % bis 36 % tiefere Umweltbelastungen auf.

#### **Aktualisierung PET Granulat, Flaschengrad**

PlasticsEurope hat ein neues PET Granulat Eco-Profile veröffentlicht, welches auf Herstellungsdaten von 2010 basiert (PlasticsEurope, 2012). Da das ecoinvent Inventar PET Granulat auf veralteten Daten von PlasticsEurope basiert, wurde das neue Eco-Profile eingelesen. Je nach Bewertungsmethode weist das neue Inventar um 17 % bis 26 % tiefere Umweltbelastungen auf.

#### **Aktualisierung Polymilchsäure (Polylactid acid – PLA) Granulat**

NatureWorks (2010) hat ein neues Eco-Profile für PLA herausgegeben basierend auf Herstellungsdaten aus dem Jahre 2008. Ein Vergleich mit dem existierenden ecoinvent v2.2 Inventar ergab mehrere Fragen, die von NatureWorks bis jetzt nicht beantwortet werden konnten: So generiert die Herstellung von 1 kg Mais, welcher als Hauptrohstoff für die Herstellung von PLA verwendet wird, mehr Umweltbelastungspunkte (UBP) als die Herstellung von 1 kg PLA, obwohl für die Herstellung von PLA ca. 1.5 kg Mais verwendet wird. Insbesondere die Nitratemissionen sind neu 27-mal tiefer als bei der Maisproduktion. Da wir bis anhin weder die Information erhalten haben, wie viel Mais effektiv für die PLA Produktion verwendet wird, noch ein Eco-Profile der Maisherstellung für PLA erhalten haben, verwenden wir aus Gründen der Nachvollziehbarkeit nicht das neue PLA Eco-Profile. Stattdessen wurden die im Vergleich zum ecoinvent-Datensatz reduzierten Energieangaben von NatureWorks verwendet und im bestehenden ecoinvent v2.2 Inventar ange-

passt. Dies unter der Annahme, dass weiterhin ca. gleich viel Mais für die Herstellung von PLA verwendet wird.

#### **Aktualisierung Stromproduktion und Erdgasversorgung**

Es wurden die aktualisierten ecoinvent Inventare für Strom- und Erdgasinventare von Itten et al. (2012) und Schori et al. (2012) verwendet, welche auch für ecoinvent v3.0 vorgesehen sind.

#### **Aktualisierung Flottendurchschnitt für Schweizer Lasttransporte**

Anhand neuer Bundesamt für Strassen Statistiken (BFS 2012) wurde der Schweizer Lastwagen Flottendurchschnitt hinsichtlich der Euro 01 bis Euro 05 Abgasnormen angepasst.

## **3.12 Bestimmung der Umweltauswirkungen (Wirkbilanz)**

In diesem Schritt wird die Sachbilanz bezüglich den Auswirkungen auf die Umwelt bewertet. Selbst die Beschränkung auf die "wichtigsten" Stoffe führt sofort zu unübersichtlichen Zahlentabellen, welche nur schwer oder gar nicht zu interpretieren sind. Zudem sind nicht die Stoffemissionen, sondern deren Auswirkungen auf die Umwelt von Bedeutung. Um diese zu bestimmen, wird folgendermassen vorgegangen:

- **Klassifizierung (Einteilung der Einflüsse bezüglich ihrer Auswirkungen)**  
Die Stoffe werden nach ihren unterschiedlichen Wirkungen auf die Umwelt gruppiert.
- **Charakterisierung (Berechnung der Auswirkungen auf die Umwelt):**  
Dabei werden die einzelnen Substanzen entsprechend ihres Schädigungspotentials bezüglich einer Leitsubstanz gegeneinander gewichtet. Daraus ergeben sich die Schädigungspotentiale bezüglich einer bestimmten Umweltauswirkung.

Folgende Wirkungen bzw. Aspekte wurden berechnet:

- **Treibhauspotential (GWP)**  
Einfluss auf das Klima infolge der Emission von klimawirksamen Stoffen wie Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) oder Methan (CH<sub>4</sub>). Diese Auswirkung wird gemäss IPCC aus dem Jahr 2007 berechnet und in diesem Bericht ausgewiesen. Die Berechnung erfolgt auf der Basis von IPCC 2007.
- **Kumulierter Energieaufwand (KEA, entspricht der englischen Bezeichnung Cumulated Energy Demand, CED)**  
Der Kumulierte Energieaufwand entspricht dem Verbrauch an erneuerbaren und nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen (graue Energie). Die Berechnung erfolgt auf der Basis von KEA 2012.
- **Säurebildungspotential**  
Beitrag zur Versauerung von Böden und Gewässern zum Beispiel durch Stickoxide und Schwefeldioxid. Die Berechnung erfolgt auf der Basis der Methode CML (2001).
- **Eutrophierung oder Überdüngung**  
Veränderung des Nährstoffgleichgewichtes in Boden und Wasser durch den Eintrag von Verbindungen, die Stickstoff und Phosphor enthalten. Die Berechnung erfolgt auf der Basis der Methode CML (2001).
- **Ozonbildungspotential**  
Beitrag zur Bildung von Ozon (Sommersmog) infolge der Emission von Stoffen wie z. B. Kohlenwasserstoffe und Stickoxide (NO<sub>x</sub>). Die Berechnung erfolgt auf der Basis der Methode CML (2001).
- **Humantoxizitätspotential:**  
Auswirkungen von Emissionen auf die menschliche Gesundheit bewertet nach der Methode CML (2001).
- **Aquatisches Ökotoxizitätspotential:**  
Auswirkungen von Emissionen auf die Wasserorganismen bewertet nach der Methode CML (2001).

## 3.13 Bewertung der Umweltbelastungen

Jeder der in Kapitel 3.12 aufgeführten Indikatoren der Wirkungsbilanz deckt nur einen Teilbereich der gesamten Umweltauswirkungen ab. Erst die Berücksichtigung der verschiedenen Auswirkungen gibt jedoch ein umfassendes Bild der ökologischen Auswirkungen. Die Berechnung dieser Indikatoren basiert auf wissenschaftlichen Modellen, daher haben diese Indikatoren auch eine hohe Akzeptanz.

Ein Interpretationsproblem besteht dann, wenn die verschiedenen Auswirkungen unterschiedliche Schlüsse zulassen. So kann zum Beispiel ein untersuchtes Produkt wesentlich geringere Auswirkungen auf das Klima haben als ein anderes, jedoch viel grössere Auswirkungen auf die Gewässer und es stellt sich die Frage, was bei den untersuchten Produkten oder Systemen entscheidend ist. Problematisch dabei ist, dass die Ergebnisse der verschiedenen Wirkkategorien nicht direkt miteinander verglichen werden können. Einerseits sind die Einheiten und damit die Dimensionen unterschiedlich und andererseits wird keine Aussage gemacht, wie problematisch die betreffende Wirkung relativ zur anderen ist. Um diese verschiedenen Auswirkungen zu einer Kennzahl zusammenzufassen oder zumindest die Relevanz der verschiedenen Auswirkungen zu erkennen, wird in zwei Schritten vorgegangen:

- Normalisierung der verschiedenen Auswirkungen, um vergleichbare Grössenordnungen zu erhalten
- Gewichtung der normalisierten Auswirkungen relativ zu einander oder relativ zu Zielvorgaben

### Normalisierung

Bei der Normalisierung werden die verschiedenen Wirkungen mit entsprechenden Grössen (Normalisierungsgrösse) normiert. Als Normalisierungsgrösse werden oft die Auswirkungen der durchschnittlichen Bevölkerung im Untersuchungsgebiet verwendet. Das heisst, es werden die verschiedenen Umweltauswirkungen für ein Land, Europa oder die ganze Welt in einem Jahr berechnet. Dabei werden u. a. Daten über Energiebedarf, benötigte Mengen an Lebensmittel, Konsumgüter und Chemikalien sowie Bautätigkeiten und Transporte etc. verwendet. Die durchschnittliche Auswirkung pro Einwohner ergibt sich aus diesen berechneten Umweltauswirkungen durch Division durch die Bevölkerungszahl im betrachteten Gebiet. Mit der Normalisierung wird erreicht, dass die verschiedenen Wirkungen dieselbe Einheit (Anteil an der Normalisierungsgrösse) und vergleichbare Grössenordnungen erhalten. Die Einheit wird als person equivalent (PE, Personen Äquivalent) bezeichnet.

Die normalisierten Umweltauswirkungen sagen somit aus, welche Anteile die untersuchte Technologie, Dienstleistung oder das untersuchte Produkt an den Umweltauswirkungen einer durchschnittlichen Person im Gebiet der Normalisierung während einem Jahr ausmacht.

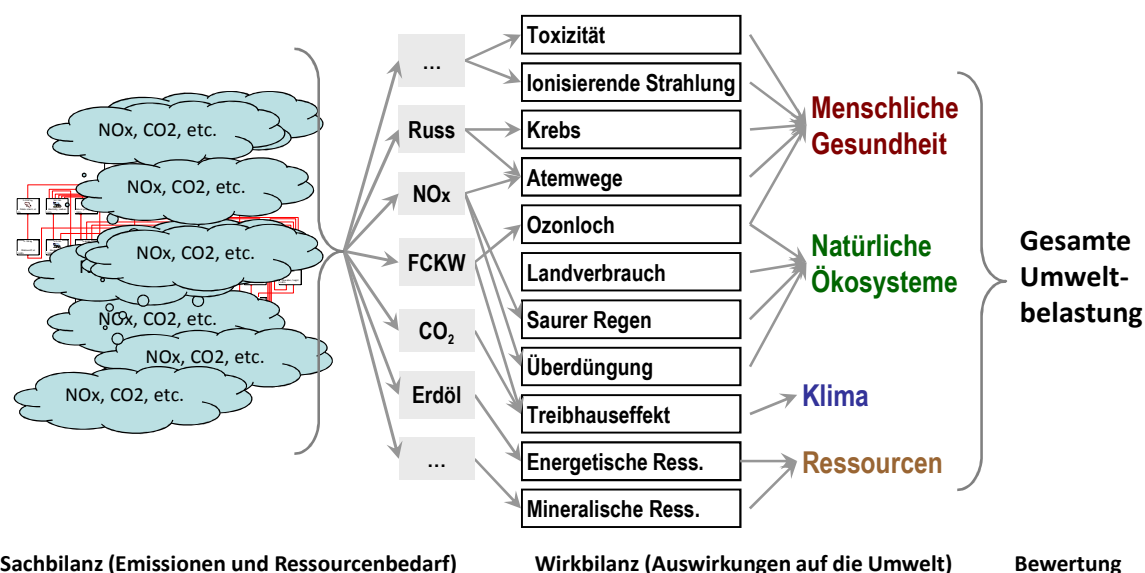
### Gewichtung

Um die verschiedenen Resultate der Indikatoren zu interpretieren und damit eine fundierte Entscheidungsbasis zu erhalten, müssen die verschiedenen Auswirkungen gewichtet und zu einer Kennzahl zusammengefasst werden. Diese Gewichtung kann nicht mehr auf der Basis von wissenschaftlichen Modellen erfolgen, da es keine wissenschaftliche Grundlage gibt, welche es zum Beispiel erlaubt, die menschliche Gesundheit mit dem Einfluss auf das Klima zu verrechnen. Diese Gewichtung erfolgt auf der Basis von gesellschaftlichen Wertesystemen.

Als Entscheidungshilfe für die Beurteilung werden in dieser Arbeit die folgenden Methoden verwendet, welche die Umweltauswirkungen zu einer Kennzahl (Indikator) zusammenfassen (Vollaggregation):

- Methode der ökologischen Knappheit 2013 sowie 2006
- ReCiPe 2008
- Eco-Indicator 99

Da die Bewertung der verschiedenen Umweltauswirkungen von Wertmassstäben abhängig ist, werden diese gesamtaggregierenden Methoden teilweise abgelehnt, z.B. auch von der ISO Norm 14'044 für Vergleiche, welche für die Öffentlichkeit bestimmt sind. Dabei ist zu beachten, dass auch die Auswahl der Umweltauswirkungen subjektiv ist. Falls nur ein Teil der Auswirkungen, z. B. Kumulierter Energieaufwand (KEA) und Treibhauspotential betrachtet werden, kommt dies einer Gewichtung der anderen Auswirkungen mit Null gleich. Die Betrachtung der einzelnen Wirkkategorien kann durchaus hilfreich sein, z.B. zur Ermittlung der Ursachen von spezifischen Auswirkungen und Erarbeitung von möglichen Optimierungspotentialen. Als Entscheidungsgrundlage oder für die Betrachtung der gesamten Umweltauswirkungen dürfen jedoch nicht einzelne Umweltaspekte ausgeklammert werden. Dafür sind gesamt aggregierende Bewertungsmethoden nicht nur hilfreich sondern notwendig, siehe zur Diskussion dieses Themas auch Dinkel und Franov (2008). Betreffend der Verwendung der gesamtaggregierenden Methoden richtet sich die vorliegende Studie nicht nach der ISO Norm 14'040, sondern geht über diese hinaus. Die Verwendung verschiedener Bewertungsmethoden erlaubt es, die Aussagekraft der Resultate abzusichern.



**Abbildung 12: Ablauf der Bewertung bei der Ökobilanzierung**

### **3.13.1 Methode der ökologischen Knappheit (Umweltbelastungspunkte – UBP)**

Diese Methode (BUWAL 1990, Überarbeitung 1997, 2006 und 2013) wurde mit dem Ziel entwickelt, die verschiedenen Umweltauswirkungen zu einer einzigen Kenngrösse (Umweltbelastungspunkte) zusammenzufassen. Es handelt sich um eine Stoffflussmethode, bei der neben den bereits bestehenden Belastungen die umweltpolitischen Ziele der Schweiz berücksichtigt werden. Je grösser die Umweltbelastung eines Produktes ist, desto mehr Umweltbelastungspunkte erzeugt seine Bewertung. In diesem Projekt wurde die kürzlich veröffentlichte Version 2013 als Hauptbewertungsmethode verwendet.

#### **3.13.1.1 Version 2006 W (W: angepasste Waldbewertung)**

##### **TOC-Berichtigung**

Eine für dieses Projekt relevante Anpassung wurde betreffend der Bewertung von Austrägen an organischen Stoffen ins Grundwasser vorgenommen (TOC, Total organischer Kohlenstoff). Dabei wurde die Methode ohne den Teil TOC ins Grundwasser verwendet. Diese Anpassung betrifft ausschliesslich die Bewertung von deponierten Rückständen und erfolgt aus folgenden Überlegungen:

Die Verbrennung von Abfällen in der KVA und anschliessende Deponierung von Rückständen mit einem minimalen Gehalt an organischer Substanz entspricht den Schweizer Zielvorgaben. Obwohl nach den gesetzlichen Vorgaben entsorgt wird, bewertet die Methode den minimalen verbleibenden Wert in der Schlacke stark. Dabei wird mangels gesetzlichen Grenzwerten für die Bewertung von Einträgen ins Grundwasser die Vorschrift der Deponierung beigezogen (max. 5 % organisches Material). Die daraus folgende hohe Gewichtung der gesetzeskonformen Entsorgung wird als nicht sinnvoll erachtet.

##### **Ergänzung einer Waldbewertung für Holz**

Für die Waldbewertung wurde Holz aus FSC-zertifizierten Wäldern eine ‚A (best practice)‘-Bewertung und Holz aus nicht FSC-Wäldern eine ‚C (current practice)‘-Bewertung zugeordnet (Stora 1998). Plantagen werden mit einem D bewertet. Die Skala geht von A bis D. Um den offensichtlichen Unterschied zwischen FSC-zertifizierten Wäldern und FSC-zertifizierten Plantagen abbilden zu können, wurde die Methode weiter verfeinert. Wesentliche Faktoren der Waldbewertung sind die Biodiversität (Wald oder Monokultur/Plantage) und damit gekoppelt auch die Herkunft der Hauptbaumarten (einheimisch oder exotisch), jeweils im Vergleich zum einheimischen Waldbestand. Somit wird eine FSC-zertifizierte Plantage eine Waldbewertung in einer ähnlichen Grössenordnung haben wie eine normale Plantage (bei der gleichen Holzart). Dies weil auch FSC-Plantagen üblicherweise Monokulturen sind und vielfach auch exotische Spezies gepflanzt werden. Der Hauptunterschied bezüglich Waldbewertung besteht darin, dass bei FSC-Plantagen eine gewisse Fläche ausgeschieden werden muss und nicht genutzt werden darf. In der Schweiz ist diese Fläche im nationalen FSC-Standard mit 5 % festgesetzt. Für diese Bewertungsmethodenadaption wird 10 % angenommen, um allfälligen strengeren nationalen FSC-Standards gerecht zu werden. Dies bedeutet, dass der Gewichtungsfaktor für die Waldbewertung von FSC-Plantagen 90 % des Gewichtungsfaktors für normale Plantagen beträgt. Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die resultierenden Gewichtungsfaktoren. Eine zusätzliche Verfeinerung der Methode wurde durchgeführt, indem Holz aus Wald mit weniger strengen Nachhaltigkeits-Labeln eingeführt wurde. Als erste Abschätzung wurde der Gewichtungsfaktor anhand einer Mittelwertbildung zwischen den Werten "Holz Wald FSC" und "Holz Wald normal" berechnet.

**Tabelle 4: Erweiterte Gewichtungsfaktoren Holz/Waldnutzung für UBP 06**

<b>Holzproduktion</b>	<b>Bezeichnung gemäss FAO (FAO 2006)</b>	<b>Gewichtungsfaktor UBP 06 (UBP/kg Holz)</b>
Holz Wald FSC	Modified Natural	20
Holz Wald normal	Semi-natural	625
Holz Plantation normal	Productive Plantation	1'250
Holz Plantation FSC	Productive Plantation	1'130

### 3.13.1.2 Version 2013

Im Folgenden werden einige Änderungen zur Version 2006 beschrieben, die für diese Studie von einer gewissen Bedeutung sind.

#### TOC-Wert

Der Ökofaktor von Austrägen an organischen Stoffen ins Grundwasser (TOC, Total organischer Kohlenstoff) wurde im Vergleich zur Version 2006 um Faktor 7 reduziert.

#### Klimarelevante Emissionen

Die Ökofaktoren der wichtigsten Treibhausemissionen CO<sub>2</sub>, Methan und Lachgas sind ungefähr 50 % höher. Prozesse mit einem hohen Anteil an klimarelevanten Emissionen (z. B. Strom oder Wärme aus fossilen Quellen, Entsorgung von Kunststoffen in KVA, etc.) weisen dementsprechend mehr UBPs auf.

#### Radioaktive Abfälle

Der Ökofaktor für stark radioaktive Abfälle ist neu 100 % höher als in der Version 2006. Dafür liegt der Ökofaktor für schwach radioaktive Abfälle 1'500-mal tiefer. Auch der Ökofaktor für radioaktive Substanzen ins Wasser liegt 14-mal tiefer. Dies führt dazu, dass v. a. Strom aus Kernkraftwerken 20 % weniger UBPs aufweisen. Dies bewirkt somit auch eine bessere Bewertung des Schweizer Strom-Mix.

#### Landnutzung

Neu sind die bestehenden Landnutzungen (z. B. Ackerland, Wald, etc.) in 10 Biome aufgeteilt, wobei jede Landnutzung in den entsprechenden Biomen einen Ökofaktor aufweist. Dies ist in dieser Studie, insbesondere für Getränkekarton und der dabei zugrunde liegenden Waldnutzung, von Relevanz. Dabei zeigt sich jedoch, dass der Ökofaktor von Plantagenholz mit umgerechnet 80 UBP pro kg Holz deutlich tiefer liegt als der in der Version 2006 W verwendete Ökofaktor (1'250 UBP pro kg Holz).

### 3.13.2 Eco-Indicator 99

Diese Methode wurde in Holland entwickelt (2001). Sie berücksichtigt die Europäische Umweltsituation sowie deren Ziele. Beim Eco-Indicator 99 werden die Schäden, welche an den drei Schutzziele Menschliche Gesundheit, Ökosystemqualität und Ressourcen entstehen, berechnet. Anschliessend werden diese verschiedenen Schäden auf der Basis von gesellschaftlichen Wertmassstäben relativ zueinander gewichtet. Dabei werden drei verschiedene mögliche Gewichtungen gegeben. In der vorliegenden Studie wurde die Perspektive "Hierarchist" zur Gewichtung ausgewählt, da es sich hierbei um die ausgeglichene der Perspektiven handelt und diese zudem von den Autoren der Methode als Hauptgewichtung empfohlen wird.

### 3.13.3 ReCiPe

Bei der Methode ReCiPe (2008) handelt es sich um die Nachfolge-Methode des Eco-Indicators 99. Auch hier werden die Schäden, welche an den drei Schutzziele Menschliche Gesundheit, Ökosystemqualität und Ressourcen entstehen, berechnet. Die Schäden werden dabei auf der Basis von gesellschaftlichen Wertmassstäben relativ zueinander gewichtet. Da die Methode andere Gewichtungsschwerpunkte setzt, ist sie nicht eins zu eins mit dem Eco-Indicator 99 vergleichbar. In der vorliegenden Studie wurde wie bei Eco-Indicator 99 die Perspektive "Hierarchist" zur Gewichtung ausgewählt. Bezüglich der Details und der Hintergründe dieser Methoden wird auf die Originalliteratur verwiesen.

## 3.14 Grenzen der vorliegenden Untersuchung

### 3.14.1 Inhaltlich

Sollten sich an der Art und Ausprägung der untersuchten Getränkeverpackung-Recyclingsysteme sowie an alternativen Verwertungswegen grundlegende Änderungen ergeben, so muss allenfalls überprüft werden, ob die für diese Erhebung getroffenen Annahmen und Berechnungen weiterhin Gültigkeit haben.

Die verwendeten Daten beziehen sich vorwiegend auf die Schweiz, deshalb müssten die Szenarien bei einer Übertragung auf das Ausland überprüft werden.

Die vorliegende Ökobilanzierung beschränkt sich auf die ökologischen Wirkungen der Getränkeverpackungen. Andere Aspekte wie zum Beispiel soziale Auswirkungen, ökonomische Faktoren oder technische Machbarkeiten sind nicht Inhalt der vorliegenden Studie.

In dem Sinne handelt es sich bei der vorliegenden Studie nicht um eine umfassende Entscheidungsgrundlage, sondern um eine umfassende Analyse des Teilaspektes Umwelt. Diese muss ggf. durch weitere Aspekte entsprechend ergänzt werden.

### 3.14.2 Methodisch

In dieser Studie wurden neben den Wirkindikatoren auch gesamtintegrierende Bewertungsmethoden verwendet. Die in dieser Studie verwendeten Methoden ReCiPe, Eco-Indicator 99 und UBP zur gesamtintegrierenden Bewertung haben auch international eine hohe Akzeptanz. Dennoch muss darauf hingewiesen werden, dass die Bewertungen der verschiedenen Auswirkungen nicht auf wissenschaftlicher Basis allein beruhen können, sondern auch auf gesellschaftlichen Zielen, Prioritäten und Erkenntnissen. Daher werden diese Methoden teilweise auch abgelehnt bzw. ISO 14'040 empfiehlt, diese nicht für vergleichende Ökobilanzen, die für die Öffentlichkeit bestimmt sind, zu verwenden.

Trotz der Empfehlung der ISO-Norm entschieden wir uns, aus den folgenden Gründen diese Methoden zu verwenden (siehe dazu auch Dinkel und Franov 2008):

- Die Ergebnisse von gesamtintegrierenden Methoden erlauben eine Gewichtung der verschiedenen Auswirkungen und geben dadurch eine gute Entscheidungsbasis.
- Auch wenn die Gewichtungen nicht "absolut" sind, so sind deren Ergebnisse aussagekräftiger, als die Beschränkung auf einige wenige Auswirkungen.
- Die Darstellung von allen Auswirkungen gemäss ISO-Norm ist geeignet für die Schwachstellenanalyse und das Finden von Optimierungen. Oft lassen sich jedoch keine (Management-) Entscheidungen daraus ableiten, da die verschiedenen Auswirkungen im Allgemeinen unterschiedliche Resultate zeigen.



- Um bei einer Beschränkung auf die verschiedenen Wirkungen (Midpoint-Indikatoren) dennoch zu einer Aussage zu kommen, wird oft eine Beschränkung auf wenige Auswirkungen vorgenommen oder eine verbal argumentative Bewertung der verschiedenen Auswirkungen gemacht. Zumindest ist dieses Vorgehen ebenfalls durch subjektive Entscheide geprägt und es besteht dabei die Gefahr von Beliebigkeit oder Manipulation.
- Die Resultate der gesamttaggregierenden Methoden lassen sich gut kommunizieren.

Wesentlich ist, dass mehr als eine gesamttaggregierende Methode verwendet wird. Durch die Verwendung von mehr als einer Methode kann die Aussagekraft überprüft werden, da sich daraus eine Sensitivität bezüglich der unterschiedlichen Gewichtungen ergibt. Zudem werden die Ergebnisse dieser gesamttaggregierenden Methoden mit den Ergebnissen der Wirkungen hinterfragt und deren Aussage überprüft.

### 3.15 Unsicherheit und Signifikanz

Jede Ökobilanz ist mit Unsicherheiten behaftet, welche sich unter anderem aus Unsicherheiten bei der Datenerhebung, wie auch bei der Berechnung der Einwirkungen und Auswirkungen auf die Umwelt ergeben. Diese Unsicherheiten werden soweit möglich erfasst oder zumindest abgeschätzt und ausgewertet. Diese Unsicherheiten werden in den Übersichtsgrafiken als Spannbreiten der Ergebnisse entsprechend ausgewiesen ( $1\sigma$  Standardabweichung). Bei diesen Spannbreiten handelt es sich um berechnete Werte aufgrund der errechneten Fehlerfortpflanzung der Datenfehler (Gauss-Verteilung, statistisch unabhängige Werte). Hier ist zu beachten, dass die Berechnungen nur die Unsicherheiten der Sachbilanz beinhalten. Die Unsicherheiten der Modelle zur Berechnung der Umweltauswirkungen und der Bewertung sind nicht bekannt. Um dennoch eine Größenordnung anzugeben, wurden die Unsicherheiten der Bewertungsmethoden auf 20 % geschätzt und entsprechend zusätzlich einbezogen.

Zudem treten in Ökobilanzen Unsicherheiten aufgrund der gewählten Rahmenbedingungen auf, wie z. B. unterschiedliche Transportwege je nach betrachteter Region oder je nach Abfüllvariante, Energienutzung der KVA oder Anzahl der Recyclingzyklen. Diese Art der Unsicherheit wird berücksichtigt, indem die Aussagekraft der Ergebnisse mit Hilfe von Relevanz- und Sensitivitätsanalysen überprüft wird.

Die Unsicherheiten der Resultate werden in den Abbildungen anhand der Ausdehnung der blauen Balken dargestellt. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte. Als Faustregel kann gesagt werden: Damit zwei Resultate signifikant unterschiedlich sind, muss der Unterschied mindestens 50 % betragen.



## 4 Datengrundlage Getränkeverpackungen

### 4.1 Alu- und Weissblechdosen

Die Daten für die Gewichte und Herstellung der Alu- und Weissblechdosen basieren auf Angaben von Ball (2012) und auf der Grundlage der Ifeu-Studie über Bierverpackungen (2010). Die Herstellung von Primär- und Sekundäraluminium wurde mittels Daten der European Aluminium Association abgebildet (EAA 2008). Daten zu Materialtransporten und den Herstellungsprozessen der Aludosen wurde der Studie von Gilgen et al. (2001) entnommen. Die zugrundeliegenden Daten sind zwar schon älter, dennoch sind sie für die Fragestellung der vorliegenden Studie geeignet, da die Prozesse der Dosenherstellung im Vergleich zur Aluminiumherstellung von untergeordneter Relevanz sind.

**Tabelle 5: Durchschnittliche Dosengewichte**

Volumen in Liter	Gewicht	Typ
0.25 (Energydrink)	10.7g	Alu
0.33 (Bier und Süssgetränk)	11.4g	Alu
0.5 (Bier und Süssgetränk)	15.8g	Alu
0.5 (Bier)	31.3g	Weissblech

### 4.2 Bag-in-Box

Die Daten für das Bag-in-Box System wurden der Delinat Studie (Dinkel et al. 2009) entnommen und aktualisiert. Ein 5 L Bag-in-Box System besteht aus folgenden Materialien (Tabelle 6):

**Tabelle 6: Angaben Bag-in-Box System**

	Beschreibung	Gewicht	Waldbewertung: naturnah nicht FSC / Plantage nicht FSC
Beutel	PE Folie	31.19g	-
	EVOH Folie	11.83g	
	PE Zapfhahn	16.13g	
Kartonbox	Kraftliner	68.86g	79% / 21%
	Wellenstoff	75.98g	
	Testliner	33.16g	

### 4.3 Becher

Die Herstellung der Einwegbecher aus Polystyrol (PS), PET und Polymilchsäure (Polylactid acid – PLA) sowie die Herstellung der Mehrwegbecher aus Polypropylen (PP) und die entsprechenden Transportdistanzen wurden der trinationalen Becherstudie (Pladerer et al. 2008) entnommen (siehe auch Tabelle 7).

**Tabelle 7: Betrachtete Bechervarianten (0.5L) und deren Gewichte**

Becher	Gewicht
PET Becher, Einweg	11.5g
PS Becher, Einweg	16.0g
PLA Becher, Einweg	10.0g
PP Becher, Mehrweg	55.0g

## 4.4 Getränkekarton

Die Daten für die Herstellung des Getränkekartons stammen von Kull et al. (2007) und Schenker (2013). Dabei wurden für die verschiedenen Grössen und Getränke jeweils die im 2012 am häufigsten verkauften Getränkekartontypen verwendet.

**Tabelle 8: Durchschnittliche Getränkekartongewichte und -typen**

Volumen in Liter	Typ	Gewicht	Deckel (PE)
0.25 (Ice Tea und Fruchtsaft)	aseptische Verpackung	9.5g	0.3g (Trinkhalm)
0.50 (Ice Tea und Milch UHT)	aseptische Verpackung	16.0g	-
1.00 (Milch UHT)	aseptische Verpackung*{Citation}	28.5g	1.46g
1.00 (Milch Past)	nicht aseptische Verpackung	28.6g	8.7g
1.00 (Ice Tea und Fruchtsaft)	aseptische Verpackung	28.2g	1.35g
1.00 (Wein)	aseptische Verpackung	34.5g	4.15g

\* ab 2013 wurde die vorherrschende Öffnung " Perforation" durch eine „Deckel“ ersetzt, weshalb gerade dieser Typ verwendet wurde

## 4.5 Glasflaschen

Für die diversen untersuchten Glasflaschen wurden die Gewichte gemäss den Flaschenkatalogen von Vetropack (2013) und Wiegand Glas (2013) ermittelt ( Tabelle 9).

**Tabelle 9: Durchschnittliche Glasflaschengewichte**

Flaschenvolumen in Liter	Flaschengewicht	Deckel (Kronkorken / Weinkorken / Schraubverschluss) *	Etikette (Papier) *
0.25 Einweg (Fruchtsaft)	160g	4.6g Metalldeckel	1.2g
0.33 Einweg (Bier)	189g	2.8g Kronkorken	1.2g
0.50 Einweg (Bier)	260g	2.8g Kronkorken	1.2g
0.75 Einweg (Wein)	460g	8.1g Weinkorken	1.8g
1.00 Einweg (Mineral)	475g	1.7g Alu-Schraubverschluss	1.8g
0.33 Mehrweg (Bier)	310g	2.8g Kronkorken	1.2g
0.50 Mehrweg (Bier)	370g	2.8g Kronkorken	1.2g
0.75 Mehrweg (Wein)	460g	8.1g Weinkorken	1.8g
1.00 Mehrweg (Mineral)	610g	1.7g Alu-Schraubverschluss	1.8g
1.00 Mehrweg (Milch)	610g	4.6g Metalldeckel	1.8g

\* Sowohl bei den Deckeln wie auch bei den Etiketten handelt es sich um Durchschnittsangaben eigener Messungen

Die Glasherstellung wurde der Studie Stettler und Dinkel (2008) entnommen. Die Anzahl Nutzungen der Mehrweggebinde sind in Tabelle 14 abgebildet und wurden für Bier, Mineral und Milch aus Angaben von Brauerei Locher AG (2009) und IFEU (2010) abgeschätzt sowie für Wein von Hoerr (2009) übernommen.

## 4.6 PE-Beutel

Der Beutel hat ein Gewicht von 8.6 g. Zusätzlich wurde ein PE Behälter berücksichtigt, in dem die Beutel normalerweise zuhause aufbewahrt werden. Für den Behälter wurde ein Gewicht von 300 g (PE, gewogen) angenommen bei 500 Nutzungen (ca. 2 Milchbeutel pro Woche über 5 Jahre).

## 4.7 PE-Flaschen

Die Daten für die Herstellung der PE 1L Milchflasche basieren auf vertraulichen Angaben. Die Flasche hat ein Gewicht von 34 g mit einem Deckel von 3.4 g und einer Papieretikette von 1.7 g. Die PE-Flaschen bestehen aus 100 % primärem PE und werden zu ca. 70 % gesammelt. Dies entspricht einer Recyclingquote von 60 %.

## 4.8 PET-Flaschen

Für die Herstellung von PET-Flaschen wurden Schweiz-spezifische Verhältnisse hinsichtlich des ganzen PET-Recyclings mitberücksichtigt. Die Daten wurden dabei von PET Recycling Schweiz (PRS 2013) zur Verfügung gestellt. Details des PET-Recyclings wurden der PET-Recycling Studie (Dinkel 2008) entnommen.

Der durchschnittliche Rezyklat-Anteil bei Schweizer PET-Flaschen lag 2012 bei 35 % bei einer Recyclingquote von 80 %. Die verwendeten Flaschengewichte wurden aus den nachfolgenden 2 Tabellen ermittelt.

**Tabelle 10: Durchschnittliche PET-Flaschengewichte 2012**

Deckel gross: bei Getränken ohne Kohlensäure. Deckel klein: bei Getränken mit Kohlensäure.

Flaschenvolumen in Liter	Flaschengewicht (PRS, 2013)	Deckel gross / klein (PP) *	Etikette (Papier) *
<0.33	20.44g	3.7g / 2.8g	1.2g
0.50	21.89g	3.7g / 2.8g	1.2g
0.75	24.55g	3.7g / 2.8g	1.2g
1.00	34.13g	3.7g / 2.8g	1.8g
1.50	35.94g	3.7g / 2.8g	1.8g

\* Sowohl bei den Deckeln wie auch bei den Etiketten handelt es sich um Durchschnittsangaben eigener Messungen

**Tabelle 11: Abweichung der Flaschengewichte je nach Marktsegment und Flaschenvolumen (PRS, 2013)**

	<0.33L	0.50L	0.75L	1.00L	1.50L
<b>Apfelsaft</b>	93%	101%	108%	96%	105%
<b>Fruchtsaft</b>	103%	114%	108%	104%	103%
<b>Ice Tea</b>	-	97%	-	118%	112%
<b>Mineralwasser</b>	66%	86%	82%	88%	96%
<b>Sirup</b>	-	90%	94%	116%	105%
<b>Softdrinks</b>	78%	106%	158%	91%	107%

Die Flaschenherstellung aus dem PET-Granulat wurde mit neuen Angaben zu "PET injection stretch blow moulding" von PlasticsEurope (2010) abgebildet. Dieses Inventar repräsentiert die durchschnittliche, heutige PET-Flaschenherstellung, wobei die Prozessschritte der Preformherstellung aus dem Granulat sowie der Flaschenherstellung aus den Preforms berücksichtigt werden.

## 4.9 Stahlbehälter

Es wurden ein 50 L Bierfass (keg) sowie ein 20L Stahlbehälter (keg) für Süssgetränke betrachtet. Beide Stahlbehälter haben gemäss Franke (2013) eine ungefähre Lebensdauer von 30 Jahren mit 7 Nutzungen pro Jahr. Ein 50 L keg besteht aus 11.8 kg Chromstahl 18/10, ein 20 L keg besteht aus 9.2 kg Chromstahl 18/10.

## 4.10 Offenausschank: Betrieb und Kühlung

Da je nach Getränkeverpackung eine andere Kühlmethode verwendet wird, erachten wir es als notwendig, die Kühlung mit zu berücksichtigen. Dabei wurden die zwei Kühlsysteme Durchlaufkühler (Offenausschank) und Kühlschränk (Flaschen) miteinbezogen. Die Datengrundlage wurde dabei den Mietmateriallisten von Feldschlösschen Getränke AG und Aare Bier (Mietmateriallisten Offenausschank 2012) entnommen.

**Tabelle 12: Daten für Betrieb und Kühlung Offenausschank**

Beschreibung	Menge	Einheit	Bemerkung
<i>Durchlaufkühler</i>			
Kapazität für ungekühltes Bier	32.25	L/h	-
Strombedarf	0.9	kWh	-
CO <sub>2</sub>	4	g/L	Annahme basierend auf 2bar Druck bei Offenausschank
<i>Kühlschränk</i>			
Kapazität	2'000	L	-
Strombedarf	1.1	kWh	-
Lagerdauer	24	h	Annahme

## 4.11 Mehrwegsysteme: Waschen und Transport

Daten zum Waschen von Mehrwegbechern und -gläsern sowie die damit anfallenden Transporte wurden der Studie Pladerer et al. (2008) entnommen. Daten zum Waschen von keg (Stahlbehälter) basieren auf Literaturangaben zum Dampf und Wasserbedarf (Galitsky et al., 2003). Die Menge Reinigungsmittel wurde anhand der Daten zum Waschen von Mehrwegbechern und Mehrwegflaschen hochgerechnet. Daten zum Waschen von Mehrwegflaschen wurden anhand der Brauerei Locher AG (2009) ermittelt. Für den Rücktransport der Flaschen sowie der keg zur Waschanlage beim Abfüller wurden dieselben Distanzen und Transporttypen angenommen wie bei der Auslieferung (siehe Kapitel 4.13.1 Distribution).

**Tabelle 13: Daten für Waschen von Mehrwegsystemen**

Beschreibung	Menge	Einheit	Bemerkung
<i>Mehrwegbecher 0.5L</i>			
Reinigungsmittel (NaOH 50%)	0.3	g/Becher	Pladerer et al. 2008
Strombedarf	0.014	kWh/Becher	
Wasser	0.1	L/Becher	
Transport LKW 16-32t	0.448	kgkm/Becher	
<i>Mehrwegflaschen 0.5L</i>			
Reinigungsmittel (NaOH 50%)	1.05	g/0.5L Flasche	Brauerei Locher AG 2009
Heizöl	0.016	MJ/0.5L Flasche	
Wasser	0.16	l/0.5L Flasche	
<i>Mehrwegflaschen 1.0L</i>			
			Eigene Berechnung auf Basis von Brauerei Locher AG 2009
Reinigungsmittel (NaOH 50%)	1.73	g/1L Flasche	
Heizöl	0.026	MJ/1L Flasche	
Wasser	0.26	l/1L Flasche	
<i>50L keg (Stahlbehälter)</i>			
Reinigungsmittel (NaOH 50%)	0.120	kg/50L keg	Eigene Berechnung
Dampfbedarf	1.46	kg/50L keg	Galitsky et al. 2003
Wasser	12	l/50L keg	Eigene Berechnung

## 4.12 Nutzungszyklen und Sekundärverpackungen

**Tabelle 14: Daten für Nutzungszyklen und Sekundärverpackungen**

Getränkegruppe	Verpackungstyp (Einheit)	Nutzungen Primärverpackung	Menge pro Nutzung (g/Einheit) <sup>4</sup>	Material Sekundärverpackung	Nutzungen Sekundärverpackung	Menge pro Nutzung (g/Einheit)
Bier	Aludose 0.5	1	15.83	Karton	1	6.75
Bier	Aludose 0.33	1	11.38	Karton	1	4.46
Bier	Weissblech 0.5	1	31.33	Karton	1	6.75
Bier	PET 0.5	1	28.85	PE-Folie	1	4.42
Bier	Glas MW 0.5	25	15.48	PP-Harasse	70	1.36
Bier	Glas MW 0.33	25	12.56	PP-Harasse	70	1.36
Bier	Glas EW 0.5	1	264.40	Karton	1	12.61
Bier	Glas EW 0.33	1	193.00	Karton	1	9.15
Bier	Fass 50	210	56.19	-	-	-
Mineral	PET 0.5	1	22.73	PE-Folie	1	1.70
Mineral	PET 1.5	1	39.00	PE-Folie	1	2.92
Mineral	Glas MW 1.0	25	24.54	PP-Harasse	70	2.30
Mineral	Glas MW 0.5	25	14.92	PP-Harasse	70	1.36
Mineral	Glas EW 1.0	1	478.50	PP-Harasse	70	2.30
Mineral	Glas EW 0.5	1	262.90	PP-Harasse	70	1.36
Süssgetränk	PET 0.5	1	27.10	PE-Folie	1	1.70
Süssgetränk	PET 1.5	1	42.96	PE-Folie	1	2.92
Süssgetränk	Glas MW 0.33	25	12.56	PP-Harasse	70	1.36
Süssgetränk	Glas MW 0.75	25	18.74	PP-Harasse	70	1.36

<sup>4</sup> Gewicht der Verpackung dividiert durch die Anzahl Nutzungen ergibt den Anteil der Menge, die pro Nutzung berücksichtigt werden muss (Herstellung, Entsorgung)

Getränke- gruppe	Verpackungs- typ (Einheit)	Nutzungen Primär- verpackung	Menge pro Nutzung (g/Einheit) <sup>5</sup>	Material Sekundär- verpackung	Nutzungen Sekundär- verpackung	Menge pro Nutzung (g/Einheit)
Süssgetränk	Glas MW 1.0	25	24.54	PP-Harasse	70	2.30
Süssgetränk	Glas EW 0.5	1	264.00	PP-Harasse	70	1.36
Süssgetränk	Glas EW 1.0	1	478.50	PP-Harasse	70	2.30
Süssgetränk	Aludose 0.33	1	11.38	Karton	1	4.46
Süssgetränk	Aludose 0.5	1	15.83	Karton	1	6.75
Süssgetränk	Aludose 0.25	1	10.70	Karton	1	5.51
Ice Tea	PET 0.5	1	26.18	PE-Folie	1	1.70
Ice Tea	PET 1.5	1	45.80	PE-Folie	1	2.92
Ice Tea	GK 0.25	1	9.8	Karton	1	3.17
Ice Tea	GK 0.5	1	16.00	PE-Folie	1	1.39
Ice Tea	GK 1.0	1	29.50	PE-Folie	1	2.78
Fruchtsaft	PET 0.25	1	25.92	PE-Folie	1	1.67
Fruchtsaft	PET 1.0	1	41.05	PE-Folie	1	2.31
Fruchtsaft	Glas EW 0.25	1	165.80	PE-Folie	1	1.67
Fruchtsaft	Glas EW 1.0	1	481.40	PP-Harasse	70	2.30
Fruchtsaft	GK 0.25	1	9.80	Karton	1	3.17
Fruchtsaft	GK 1.0	1	29.50	PE-Folie	1	2.78
Fruchtsaft	Beutel 0.2	1	4.50	Karton	1	8.76
Fruchtsaft	Bag-in-Box 5.0	1	43.00	Karton <sup>6</sup>	1	178.00
Milch	PET 1.0	1	39.58	PE-Folie	1	2.31
Milch	PE 1.0	1	39.10	PE-Folie	1	2.31
Milch	Glas MW 1.0	25	24.66	PP-Harasse	70	2.30
Milch UHT	GK 0.5	1	16.00	PE-Folie	1	1.39
Milch UHT	GK 1.0	1	29.96	PE-Folie	1	2.78
Milch Past	GK 1.0	1	37.3	PE-Folie	1	2.78
Milch	Beutel 1.0	1	8.60	PP-Harasse	70	1.71
Wein	Glas EW 0.75	1	469.90	Karton	1	52.50
Wein	Glas EW 0.75	1	469.90	Karton	1	52.50
Wein	Glas EW 0.75	1	469.90	Karton	1	52.50
Wein	Glas MW 0.75	4	469.90	Karton	1	52.50
Wein	Glas EW 0.5	1	269.90	Karton	1	52.50
Wein	GK 1.0	1	38.65	PE-Folie	1	2.78
Wein	Bag-in-Box 5.0	1	43.00	Karton <sup>7</sup>	1	178.00

## 4.13 Logistik

### 4.13.1 Distribution

Für die Transportdistanzen und Transporttypen vom Abfüller über Regionallager bis in den Verkaufsladen wurden für die Schweiz repräsentative Logistikangaben verwendet (Logistik 2013, vertrauliche Daten). Für Import-Weine wurden durchschnittliche Angaben zu den Transportdistanzen für die Länder angenommen, basierend auf einer für Delinat (Dinkel et al. 2009) durchgeführten Studie. Für die Transportberechnungen vom Abfüller bis zum Regionallager/Verteilzentrum wurde davon ausgegangen, dass die LKWs >32 t gänz-

<sup>5</sup> Gewicht der Verpackung dividiert durch die Anzahl Nutzungen ergibt den Anteil der Menge, die pro Nutzung berücksichtigt werden muss (Herstellung, Entsorgung)

<sup>6</sup> Der Karton, welcher den Kunststoffbeutel beinhaltet, wird hier als Sekundärverpackung aufgeführt.

<sup>7</sup> Der Karton, welcher den Kunststoffbeutel beinhaltet, wird hier als Sekundärverpackung aufgeführt.

lich gefüllt werden. Nach Ablieferung wurde zusätzlich eine Distanz von 50 km Leertransport dazugerechnet, bevor eine neue Lieferung geladen wird.

Es gilt zu beachten, dass nur der durch die Verpackung generierte Transport berücksichtigt wurde. Der Transport des Inhalts wurde nicht eingerechnet. Um den verpackungsbedingten Transport zu berechnen, wurde zuerst für einen LKW >32 t mit einem Ladegewicht von 23 t die maximale Getränkemenge je Verpackungsart ermittelt. Dazu wurde nebst der Füllmenge und der Primärverpackung auch die Sekundärverpackung berücksichtigt. Die Tertiärverpackung wurde vernachlässigt, mit Ausnahme des Gewichts der Europaletten. Diese Getränkemenge wurde ins Verhältnis zur theoretisch maximalen Getränkemenge von 23 t gesetzt. Daraus wurde der Mehrtransport ermittelt, der aufgrund der Verpackung notwendig ist.

Hierzu ein Lesebeispiel: Falls die Verpackung kein Gewicht hätte, könnten 23 t Getränke transportiert werden, da bei Getränketransporten das Gewicht limitierend ist und nicht das Volumen. Falls das Getränk in Glasflaschen verpackt ist, kann aufgrund des Glasgewichtes nur eine halb so grosse Getränkemenge transportiert werden (dies trifft in etwa auf Bier in 0.5 L MW-Glasflaschen zu). D. h. statt einer Fahrt werden zwei Fahrten benötigt, um 23 t Getränk zu transportieren. Die Emissionen dieser zusätzlichen Fahrt werden vollständig der Verpackung angelastet und auf die totale Anzahl Gebinde verteilt.

Zusätzlich wurde berücksichtigt, dass ein Teil der Getränke via Schienenverkehr transportiert wird. Für die Feinverteilung mit 16-32 t LKW wurde mittels Tonnenkilometer (tkm) und mittlerer Auslastung gerechnet. Dies führt tendenziell zu einer Überschätzung. Anhand erster Resultate wurde jedoch festgestellt, dass diese Überschätzung von geringer Relevanz für die Ergebnisse ist.

**Tabelle 15: Daten für Distribution**

Getränkegruppe	Verpackungstyp (Einheit)	Primärverpackung (g/Einheit)	Sekundärverpackung (g/Einheit) <sup>8</sup>	Getränk pro 23t Ladegewicht (L)	Fzkm LKW >32t / Verpackung	tkm Bahn / Verpackung	tkm 16-32t LKW / Verpackung
Bier	Aludose 0.5	15.83	6.75	21050	0.000412	0	0.000677
Bier	Aludose 0.33	11.38	4.46	21000	0.000281	0	0.000475
Bier	Weissblech 0.5	31.33	6.75	20450	0.000555	0	0.00114
Bier	PET 0.5	28.85	4.42	20600	0.000511	0	0.000998
Bier	Glas MW 0.5	387.40	92.50	11200	0.00463	0	0.0144
Bier	Glas MW 0.33	314.00	92.50	9850	0.00389	0	0.0122
Bier	Glas EW 0.5	264.40	12.61	14150	0.00276	0	0.00831
Bier	Glas EW 0.33	193.00	9.15	13650	0.002	0	0.00606
Bier	Fass 50	11800.00	0.00	17800	0.0322	0	0.354
Mineral	PET 0.5	22.73	1.70	20950	0.000405	0.00368	0.000733
Mineral	PET 1.5	39.00	2.92	21400	0.000942	0.00631	0.00126
Mineral	Glas MW 1.0	613.50	161.25	12400	0.00713	0.117	0.0232
Mineral	Glas MW 0.5	372.90	92.50	11400	0.00425	0.0701	0.014
Mineral	Glas EW 1.0	478.50	161.25	13400	0.00596	0.0963	0.0192
Mineral	Glas EW 0.5	262.90	92.50	12850	0.00329	0.0535	0.0107
Süssgetränk	PET 0.5	27.10	1.70	20800	0.000253	0.00243	0.000864
Süssgetränk	PET 1.5	42.96	2.92	21350	0.000558	0.00387	0.00138
Süssgetränk	Glas MW 0.33	314.00	92.50	9850	0.0021	0.0343	0.0122
Süssgetränk	Glas MW 0.75	468.50	92.50	12600	0.00296	0.0474	0.0168
Süssgetränk	Glas MW 1.0	613.50	161.25	12400	0.00408	0.0654	0.0232
Süssgetränk	Glas EW 0.5	264.00	92.50	12850	0.00188	0.0301	0.0107
Süssgetränk	Glas EW 1.0	478.50	161.25	13400	0.0034	0.054	0.0192

<sup>8</sup> Transportrelevantes Gewicht pro Einheit

Getränke- gruppe	Verpackungs- typ (Einheit)	Primär- verpackung (g/Einheit)	Sekundär- verpackung (g/Einheit) <sup>9</sup>	Getränk pro 23t Ladege- wicht (L)	Fzkm LKW >32t / Ver- packung	tkm Bahn / Verpackung	tkm 16-32t LKW / Ver- packung
Süssgetränk	Aludose 0.33	11.38	4.46	21000	0.00065	0	0.000475
Süssgetränk	Aludose 0.5	15.83	6.75	21050	0.000955	0	0.000677
Süssgetränk	Aludose 0.25	10.70	5.51	20650	0.000583	0	0.000486
Ice Tea	PET 0.5	26.18	1.70	20800	0.000184	0.00256	0.000836
Ice Tea	PET 1.5	45.80	2.92	21300	0.000424	0.00447	0.00146
Ice Tea	GK 0.25	9.81	3.17	20900	0.0000887	0.00119	0.000389
Ice Tea	GK 0.5	16.00	1.39	21250	0.000146	0.00159	0.000522
Ice Tea	GK 1.0	29.55	2.78	21300	0.000282	0.00297	0.00097
Fruchtsaft	PET 0.25	25.92	1.67	19800	0.000143	0.00253	0.000828
Fruchtsaft	PET 1.0	41.05	2.31	21050	0.000323	0.00398	0.001.30
Fruchtsaft	Glas EW 0.25	165.80	1.67	13150	0.000659	0.0154	0.00502
Fruchtsaft	Glas EW 1.0	481.40	161.25	13400	0.00254	0.0589	0.0193
Fruchtsaft	GK 0.25	9.81	3.17	20900	0.000282	0.00297	0.00097
Fruchtsaft	GK 1.0	29.55	2.78	21300	0.0000816	0.00122	0.000398
Fruchtsaft	Beutel 0.2	4.50	8.76	20600	0.00163	0.0203	0.00663
Fruchtsaft	BaginBox 5.0	43.00	178.00	21050	0.000583	0.00204	0.00126
Milch	PET 1.0	39.58	2.31	21100	0.00058	0.00202	0.00124
Milch	PE 1.0	39.10	2.31	21100	0.00557	0.038	0.0233
Milch	Glas MW 1.0	616.40	161.25	12350	0.000267	0.000849	0.000522
Milch	GK 0.5	16.00	1.39	21250	0.000521	0.0016	0.000982
Milch	GK 1.0	29.96	2.78	21300	0.000571	0.00196	0.0012
Milch	Beutel 1.0	37.30	2.78	21150	0.00117	0.00628	0.00386
Wein	Glas EW 0.75	8.60	120.00	19500	0.00537	0	0.0157
Wein	Glas EW 0.75	469.90	52.50	12950	0.0139	0	0.0157
Wein	Glas EW 0.75	469.90	52.50	12950	0.0215	0	0.0157
Wein	Glas MW 0.75	469.90	52.50	12950	0.00537	0	0.0157
Wein	Glas EW 0.5	469.90	52.50	12950	0.00333	0	0.00967
Wein	GK 1.0	269.90	52.50	13350	0.00214	0	0.00124
Wein	Bag-in-Box 5.0	38.65	2.775	21100	0.000659	0.0154	0.00502

## 4.13.2 Retrologistik

Transporte im Zusammenhang mit dem Recycling von Materialien wurden aus den jeweiligen Studien verwendet:

- PET-Recycling           Dinkel 2008
- PE-Recycling           Dinkel und Stettler 2011
- Getränkekarton       Dinkel 2011

<sup>9</sup> Transportrelevantes Gewicht pro Einheit



## 4.14 Sensitivitätsanalysen

### 4.14.1 Vergleich Transport MW-Glasflaschen gegen PET-Flaschen

Für diesen Vergleich wurde mit LKW >32 t Flottendurchschnitt Schweiz gerechnet, unter Berücksichtigung der effektiv transportierbaren Menge Glasflaschen und PET-Flaschen pro LKW.

### 4.14.2 Einfluss Transportdistanz und -typ beim Wein

Weine werden nicht nur aus der Schweiz und Europa, sondern auch von Übersee bezogen. Es wurde untersucht, welche Relevanz die unterschiedlichen Transportdistanzen für die Weinverpackung Glasflasche aufweist. Weiter wurde betrachtet, inwiefern der Transport in Zisternen mit Abfüllung in der Schweiz, einen ökologischen Vorteil aufweist gegenüber der Abfüllung vor Ort und Transport der Weinflasche in die Schweiz.

**Tabelle 16: Transportdistanz und -typ je Herkunft**

Herkunft Wein	Transporttyp	Distanz	Bemerkung
Schweiz	LKW >32t	160km	-
Europa	LKW >32t	500km	Annahme
Übersee	LKW >32t	800km	Annahme
	Schiff	10'000km	

### 4.14.3 Heimtransport sowie Transport zu Sammelstellen

Der Heimtransport der Einkäufe im Laden wurde mit 10 km PW und einem Einkaufsgewicht von rund 20 kg berechnet.

Für den private Transport zur Sammelstelle wurden drei Varianten berechnet:

- 5 kg über 5km
- 5 kg über 2km
- 20 kg über 1km.

### 4.14.4 Umweltbeanspruchung von Verpackung und Inhalt

Für den Vergleich der Umweltbeanspruchung des Getränkes und der Verpackung wurden folgende drei Getränke ausgewählt:

- Bier (Brauerei Locher AG 2009)
- Wein (Dinkel et al. 2009)
- Milch (Jungbluth 2000)

### 4.14.5 Vergleich von Abwaschen zuhause und professionell

Daten für das professionelle Abwaschen von Gläsern wurden der Studie Pladerer et al. (2008) entnommen. Für den häuslichen Abwasch wurde eine moderne Geschirrspülmaschine der Energieeffizienzklasse A+ von Bosch (2013) verwendet. Dieses Gerät benötigt 1.02 kWh Strom und 12 L Wasser pro Waschgang. Das Geschirrspülmittel (Tab) wiegt 20.7 g pro Spülgang. Weiter wurde gemäss eigenen Füllversuchen angenommen, dass 25 0.5 L Gläser im oberen Fach Platz finden und das untere Fach v. a. mit Geschirr gefüllt wird. Somit wird 1/50 des Waschgangs auf ein Glas alloziert.

#### 4.14.6 Getränk kartons mit 70% Sammelquote

Für alle betrachteten Getränkekartonverpackungen (siehe dazu Tabelle 8) wurden drei verschiedene Recyclingvarianten betrachtet:

- Recycling von Karton, Rest in KVA heute in der Schweiz möglich
- Recycling von Karton, Reject in Zementwerk heute in der Schweiz möglich
- Recycling von Karton, Alu und PE Es gibt im Ausland Pilotanlagen.  
Heute in der Schweiz noch nicht möglich.

Die Daten für die Getränkekartonherstellung (siehe Kapitel 4.4) wurden mit Daten basierend auf der kürzlich durchgeführten Studie über das Getränkekartonrecycling (Dinkel 2011) kombiniert. In Tabelle 17 sind die wichtigsten Outputs der Recyclingvarianten aufgelistet.

**Tabelle 17: Recyclingvarianten und ihre Outputs**

Inputs	Variante „Recycling von Karton, Rest in KVA“	Variante „Recycling von Karton, Reject in Zementwerk“	Variante „Recycling von Karton, Alu und PE“
	Output pro Tonne Materialinput	Output pro Tonne Materialinput	Output pro Tonne Materialinput
	R-Karton: 82%	R-Karton: 82%	R-Karton: 82%
			R-PE: 60%
Getränk kartons mit verschiedenen Zusammensetzungen an Liquid Packaging Board, PE- und Aluminiumfolie	Reject in KVA: 18% Karton, 100% PE, 100% Alu sofern als Input vorhanden	Reject in Zementwerk: 18% Karton, 100% PE, 100% Alu sofern als Input vorhanden	R-Alu: 60% sofern als Input vorhanden Abfall in KVA: 18% Karton, 40% PE, 40% Alu sofern als Input vorhanden

## 5 Resultate Getränkeverpackungen

Im Folgenden werden für verschiedene Getränkegruppen die jeweiligen untersuchten Getränkeverpackungen analysiert und miteinander verglichen. Der Vergleich erfolgt dabei über die Menge an Verpackung für 1 Liter Getränk. Je nach Funktion und Anwendungsgebiet kommen andere Verpackungsgrößen in Frage. So wurden z. B. für den Konsum unterwegs die grossen Verpackungseinheiten nicht berücksichtigt.

### 5.1 Bier

Für die Getränkegruppe Bier wurden folgende Getränkeverpackungen untersucht:

- Aludose 0.33 L (91 % Recyclingquote)
- Aludose 0.5 L (91 % Recyclingquote)
- Blechdose 0.5 L (86 % Recyclingquote)
- Glasflasche Einweg (EW) 0.33 L (96 % Recyclingquote)
- Glasflasche EW 0.5 L (96 % Recyclingquote)
- Glasflasche Mehrweg (MW) 0.33 L (25 Nutzungen)
- Glasflasche MW 0.5 L (25 Nutzungen)
- PET-Flasche EW 0.5 L (80 % Recyclingquote)
- Fass (keg) 50 L (210 Nutzungen)

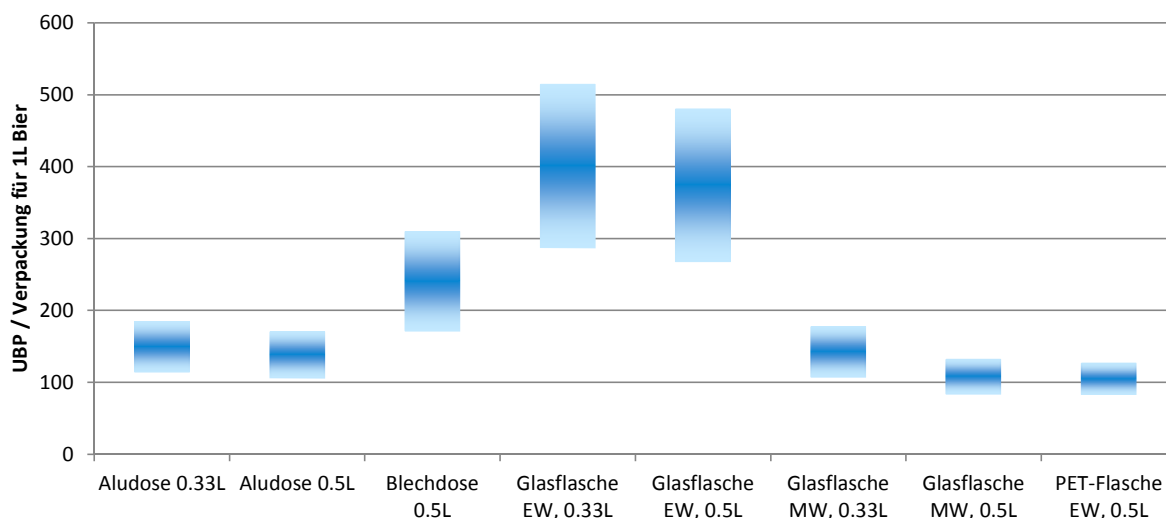
Es wurden alle verpackungsrelevanten Prozesse von der Bereitstellung der Rohstoffe über die Herstellung und Transport der Verpackung bis hin zur Entsorgung der Verpackung mitberücksichtigt. Im Normalfall nicht berücksichtigt wurden der Transport des Inhalts selber (wohl aber die Tatsache, dass je nach Verpackungstyp ein LKW mehr oder weniger Getränkevolumen transportieren kann) sowie ein allfälliger Heimtransport des Kunden sowie das Nutzungsverhalten des Kunden. Details zur Systemgrenze, Vorgehen und Datengrundlage können dem Methodenbericht Kapitel 1 bis 4 entnommen werden.

#### 5.1.1 Konsum zuhause

##### Übersicht

Für den Konsum von Bier zuhause ergeben sich folgende Resultate (Abbildung 13) unter der Annahme, dass bei allen Verpackungen keine, respektive gleich hohe Verluste des Inhaltes anfallen:

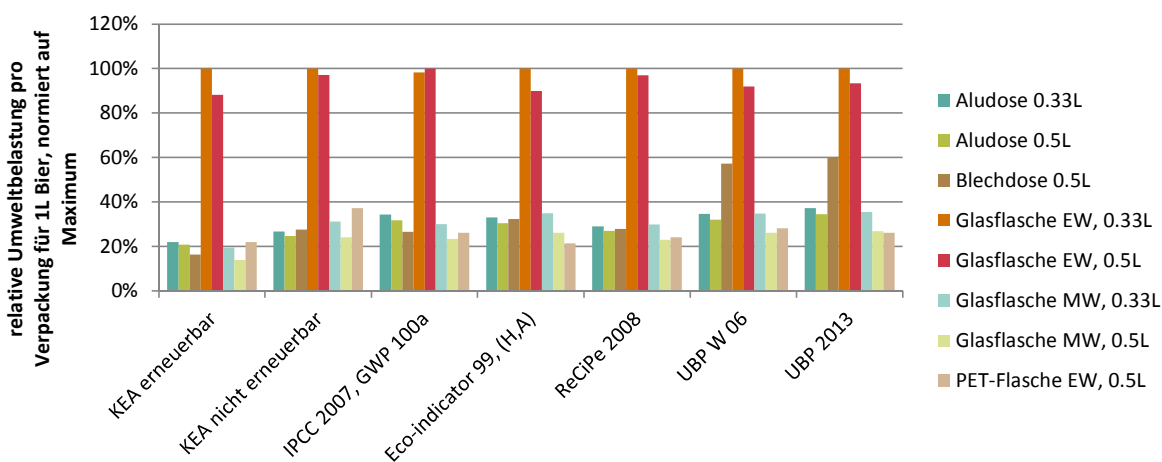
- Die 0.5 L MW-Glasflasche sowie die 0.5 L PET-Flasche weisen tendenziell die tiefste Umweltbelastung auf. Innerhalb der Mehrwegflaschen ist die 0.5 L Flasche der 0.33 L Flasche vorzuziehen, da hier pro Liter Bier weniger Umweltbelastung anfällt.
- Die Aludosen weisen im Vergleich zu den MW-Glasflaschen und PET-Flaschen bei gleicher Grösse ähnliche Umweltbelastungen auf.
- Die Blechdose sowie die EW-Glasflaschen weisen die höchsten Umweltbelastungen auf.



**Abbildung 13: Umweltbelastung von Bierverpackungen pro 1L Bier zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

Dieses Ergebnis wird durch die meisten anderen Bewertungsmethoden bestätigt (Abbildung 14) mit Ausnahme der Blechdose. Diese schneidet in den meisten Bewertungsmethoden ähnlich gut wie die Aludose ab. Der Grund liegt dabei unter anderem darin, dass die Schwermetallemissionen aus der Stahlherstellung in der UBP Methode relativ stark bewertet werden, während dies bei allen anderen betrachteten Bewertungsmethoden weniger ins Gewicht fällt bzw. gar nicht berücksichtigt wird wie bei KEA und IPCC.



**Abbildung 14: Relative Umweltbelastung verschiedener Bewertungsmethoden von Bierverpackungen pro 1L Bier zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit

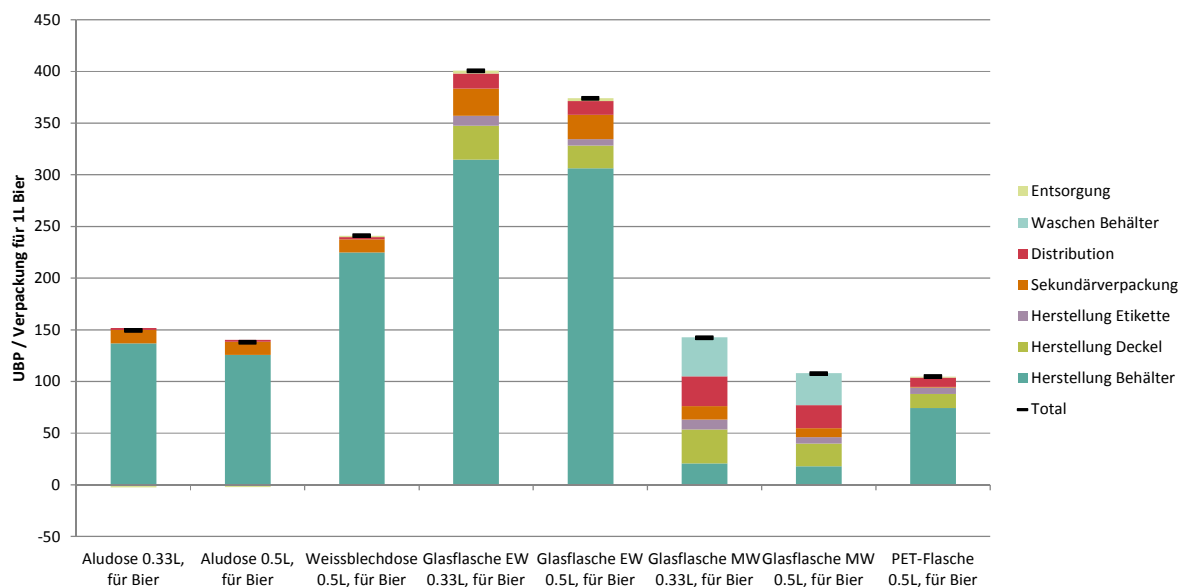
## Gründe

Eine genauere Analyse der Umweltbelastung ist in Abbildung 15 dargestellt. Die unterschiedlich hohen Umweltbelastungen sind vor allem auf die Herstellung der Primärverpackung (Dose oder Flasche) zurückzuführen. Dabei erweist sich das hohe Gewicht der EW-Glasflaschen<sup>10</sup> als deutlicher Nachteil, da die Glasherstellung trotz hohem Rezyklatanteil relativ energieintensiv ist. Der Glasherstellungsanteil kann bei den MW-Glasflaschen dank der mehrmaligen Wiederbefüllung merklich reduziert werden, so dass trotz dem Rücktransport und Auswaschen die MW-Glasflasche zu den umweltfreundlichsten Bierverpackungen zählt.

Aludosen sind deutlich leichter<sup>11</sup> und weisen ebenfalls hohe Recyclingquoten von über 90 % auf. Dank dem leichten Gewicht und der hohen Rezyklierfähigkeit weisen sie trotz hohem Herstellungsaufwand des Aluminiums Umweltbelastungen auf, die im Bereich der Bierverpackungen mit den tiefsten Umweltbelastungen liegen. Weissblechdosen<sup>12</sup> sind ungefähr doppelt so schwer wie Aludosen und weisen eine leicht tiefere Recyclingquote auf. Dies führt zu signifikant mehr Umweltbelastungspunkten als bei Aludosen.

Die 0.5 L PET-Flasche hat ein Gewicht von ca. 25 g<sup>13</sup>. Es wurde von einem 35 %-igen Rezyklatanteil ausgegangen mit einer Recyclingquote von 80 %. Unter diesen Bedingungen schneidet die PET-Flasche nach Abzug der Gutschrift fürs Recycling ähnlich gut ab wie die MW-Glasflasche.

Wenig relevant fürs Ergebnis sind die Deckel und Etiketten sowie die verpackungsbedingten Transporte (Distribution).



**Abbildung 15: Umweltbelastung von Bierverpackungen pro 1L Bier zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Herstellung Behälter beinhaltet allfällige Gutschriften fürs Recycling (Aludose 91 % Recyclingquote, Weissblechdose: 86 % Recyclingquote, Glasflasche EW: 96 % Recyclingquote, Glasflasche MW: 25 Nutzungen und 96 % Recyclingquote, PET-Flasche: 80% Recyclingquote). Entsorgung beinhaltet allfällige Gutschriften für die Bereitstellung von Wärme und Strom. Für Erläuterungen zur Abbildung 15 siehe Abschnitt „Gründe“ auf Seite 69.

<sup>10</sup> Pro Liter Bier werden für die 0.33 L Flasche 567 g und für die 0.5 L Flasche 520 g Glas benötigt.

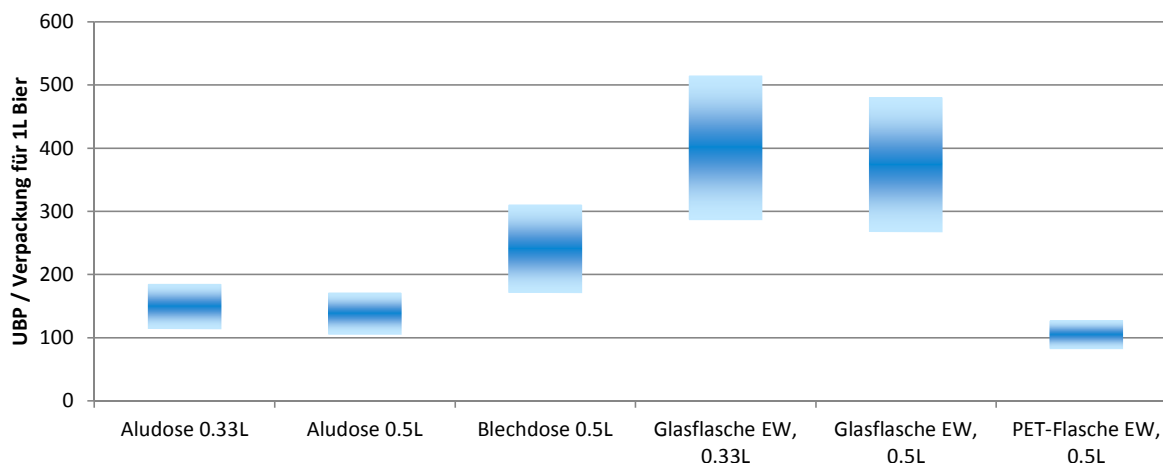
<sup>11</sup> Pro Liter Bier werden für die 0.33 L Aludose 34.5 g, für die 0.5 L Aludose 31.6 g benötigt.

<sup>12</sup> Pro Liter Bier werden für die 0.5 L Weissblechdose 62.6 g Material benötigt.

<sup>13</sup> Pro Liter Bier werden für die 0.5 L PET-Flasche 50 g Material benötigt.

## 5.1.2 Konsum unterwegs

In diesem Szenario wurde untersucht, welche Bierverpackung aus Umweltsicht für den Konsum unterwegs zu empfehlen ist. Dabei wurde angenommen, dass aus Gründen der Convenience (siehe dazu auch Kapitel 7.1) unterwegs alle Grössen bis 0.5 L jedoch ohne die MW-Glasflaschen in Frage kommen. Die 0.5 L PET-Flasche weist zusammen mit den Aludosen die tiefste Umweltbelastung auf (Abbildung 16). Erstere ist jedoch in der Schweiz praktisch nicht erhältlich, so dass momentan für den Konsum von Bier unterwegs die Aludosen aus ökologischer Sicht die umweltfreundlichste Alternative darstellen.



**Abbildung 16: Umweltbelastung von Bierverpackungen pro 1L Bier unterwegs konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

## 5.1.3 Konsum ab Ausschank

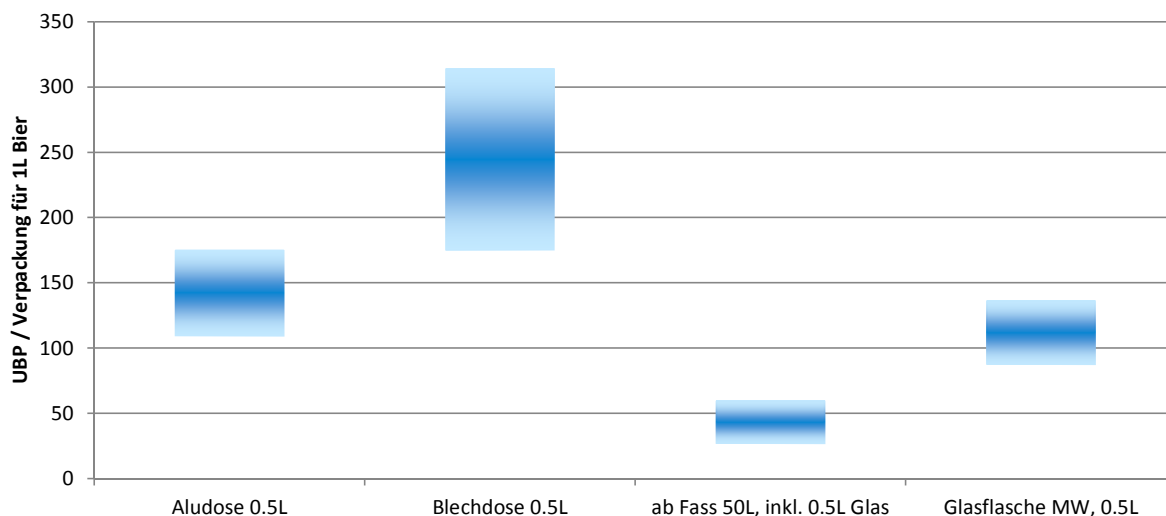
In diesem Szenario wurde untersucht, welche Bierverpackung sich am besten für den Ausschank an einer Veranstaltung oder in einem Restaurant eignet. Dabei wurde angenommen, dass für Fassbier ein Glas benötigt wird, während bei den anderen Verpackungstypen das Bier ohne Glas konsumiert werden kann (Best Case).

### Übersicht

Für den Konsum von ausgeschenktem Bier ergeben sich folgende Resultate (Abbildung 17) unter der Annahme, dass bei allen Verpackungen keine respektive gleich hohe Verluste des Inhaltes anfallen:

- Der Offenausschank aus dem 50 L Fass (keg) weist die tiefste Umweltbelastung trotz zusätzlicher Verwendung eines Glases auf.
- Die 0.5 L MW-Glasflasche und die 0.5 L Aludose weisen eine höhere Umweltbelastung auf als die Fass-Variante. Sie sind jedoch mit weniger Umweltbelastung verbunden als die Weissblechdose.
- Die Weissblechdose schneidet im Vergleich zu den anderen beiden Varianten aus Umweltsicht ungünstiger ab.

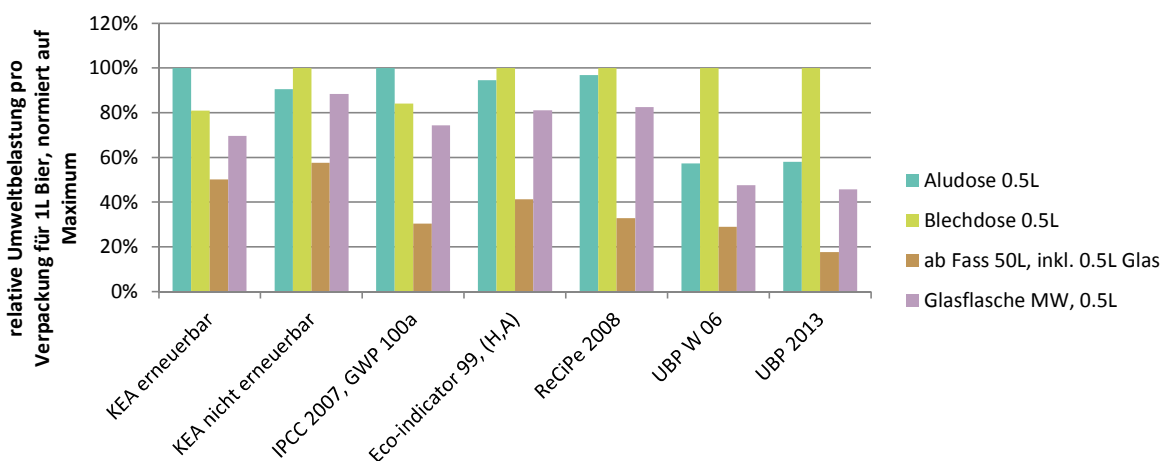
Werden die zu erwartenden Verluste mitberücksichtigt, relativiert sich das gute Abschneiden des 50 L Fasses (keg). Siehe dazu Kapitel 5.9.4.1.



**Abbildung 17: Umweltbelastung von Bierverpackungen pro 1L Bier ab Ausschank**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

Dieses Ergebnis wird durch die anderen Bewertungsmethoden bestätigt (Abbildung 18) mit Ausnahme der Blechdose. Diese schneidet in den meisten Bewertungsmethoden ähnlich gut wie die Aludose ab. Der Grund liegt dabei unter anderem darin, dass die Schwermetallemissionen aus der Stahlherstellung in der UBP Methode relativ stark bewertet werden, während diese bei allen anderen betrachteten Bewertungsmethoden weniger ins Gewicht fallen oder wie, bei der Methode KEA und IPCC, gar nicht berücksichtigt werden.



**Abbildung 18: Relative Umweltbelastung verschiedener Bewertungsmethoden von Bierverpackungen pro 1L Bier ab Ausschank**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit

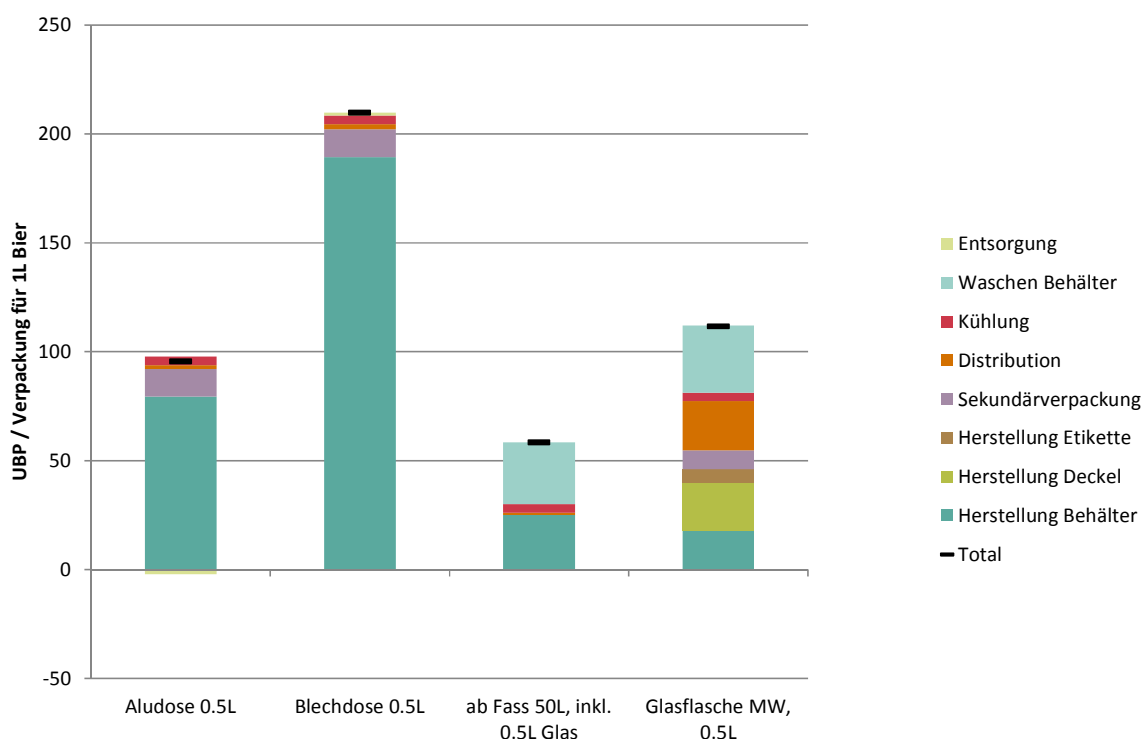
## Gründe

Eine genauere Analyse der Umweltbelastung ist in Abbildung 19 dargestellt. Die unterschiedlich hohen Umweltbelastungen sind vor allem auf die Herstellung der Primärverpackung, respektive deren Mehrfachnutzung zurückzuführen.

Das 50 L Fass (keg) mit Glas benötigt weder Deckel noch Etikette und kann mehrmals wiederbefüllt werden, so dass die Herstellung des Edelstahl tanks nicht gross ins Gewicht fällt. Ebenso wenig wie der Rücktransport und das Auswaschen des Behälters und des Glases. So schneidet das 50 L Fass signifikant am besten ab. Daran ändert auch nichts, dass die Durchlaufkühlung eine etwa doppelt so hohe Umweltbelastung aufweist wie die Kühlung der anderen Verpackungen im Kühlschrank. Nicht berücksichtigt wurden jedoch allfällige Ausschankverluste, die beim Fass deutlich höher sind als bei den anderen Verpackungsvarianten (siehe dazu Kapitel 5.9.4.1).

Der Glasherstellungsanteil kann bei den MW-Glasflaschen dank der mehrmaligen Wiederbefüllung merklich reduziert werden, so dass trotz des Rücktransports und Auswaschens die MW-Glasflasche relativ gut abschneiden. Im Vergleich zur Fass-Variante werden nun die Herstellung des Deckels und der Etikette sowie die verpackungsbedingte Distribution relevant.

Dank dem leichten Gewicht und der hohen Rezyklierfähigkeit (91 % Recyclingquote) weist die Aludose trotz hohem Herstellungsaufwand des Aluminiums Umweltbelastungen auf, die im Bereich der MW-Glasflasche liegt. Weissblechdosen sind ungefähr doppelt so schwer wie Aludosen und weisen eine leicht tiefere Recyclingquote auf (86 %). Dies führt zu einer signifikant höheren Umweltbelastung als Aludosen.



**Abbildung 19: Umweltbelastung von Bierverpackungen pro 1L Bier ab Ausschank**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Herstellung Behälter beinhaltet allfällige Gutschriften fürs Recycling (Aludose: 91 % Recyclingquote, Weissblechdose: 86 % Recyclingquote, Stahltank: 210 Nutzungen, Glasflasche MW: 25 Nutzungen und 96 % Recyclingquote). Entsorgung beinhaltet allfällige Gutschriften für die Bereitstellung von Wärme und Strom. Für Erläuterungen zur Abbildung 19 siehe Abschnitt „Gründe“ auf Seite 72.



## 5.2 Fruchtsäfte

Für die Getränkegruppe Fruchtsäfte wurden folgende Getränkeverpackungen untersucht:

- Getränkekarton 0.25 L (0 % Recyclingquote)
- Getränkekarton 1.0 L (0 % Recyclingquote)
- Glasflasche Einweg (EW) 0.25 L (96 % Recyclingquote)
- Glasflasche EW 1.0 L (96 % Recyclingquote)
- Glasflasche Mehrweg (MW) 0.33 L (25 Nutzungen)
- Glasflasche MW 0.5 L (25 Nutzungen)
- PE-Beutel 0.2 L (0 % Recyclingquote)
- PET-Flasche EW 0.25 L (80 % Recyclingquote)
- PET-Flasche EW 1.0 L (80 % Recyclingquote)

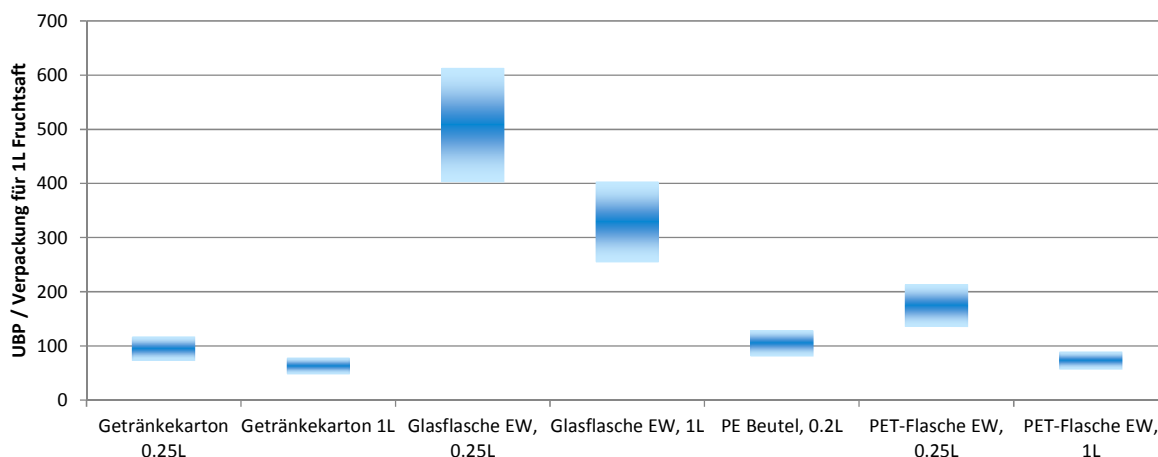
Es wurden alle verpackungsrelevanten Prozesse von der Bereitstellung der Rohstoffe über die Herstellung und Transport der Verpackung bis hin zur Entsorgung der Verpackung mitberücksichtigt. Im Normalfall nicht berücksichtigt wurden der Transport des Inhalts selber (wohl aber die Tatsache, dass je nach Verpackungstyp ein LKW mehr oder weniger Getränkevolumen transportieren kann), ein allfälliger Heimtransport des Kunden sowie das Nutzungsverhalten des Kunden. Details zur Systemgrenze, Vorgehen und Datengrundlage können dem Methodenbericht Kapitel 1 bis 4 entnommen werden.

### 5.2.1 Konsum zuhause

#### Übersicht

Für den Konsum von Fruchtsäften zuhause ergeben sich folgende Resultate (Abbildung 20) unter der Annahme, dass bei allen Verpackungen keine respektive gleich hohe Verluste des Inhaltes anfallen:

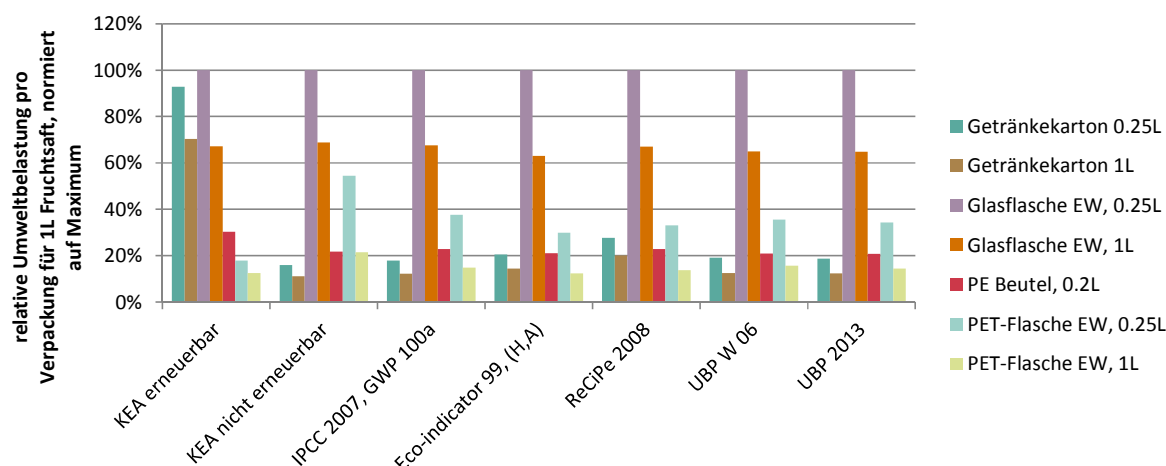
- Wenn erhältlich sind die 1 Liter Verpackungen den 0.25 L Verpackungen vorzuziehen (sofern davon ausgegangen wird, dass der Inhalt gänzlich getrunken wird und keine Verluste auftreten).
- Der 1 L Getränkekarton und die 1 L PET-Flasche schneiden knapp signifikant am besten ab.
- Gefolgt vom 0.25 L Getränkekarton und dem 0.2 L PE Beutel.
- Die 0.25 L PET-Flasche sowie die EW-Glasflaschen weisen im Vergleich zum Getränkekarton oder zur PET-Flasche signifikant höhere Umweltbelastungen auf.



**Abbildung 20: Umweltbelastung von Fruchtsaftverpackungen pro 1L Fruchtsaft zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

Dieses Ergebnis wird durch die anderen Bewertungsmethoden bestätigt (Abbildung 21).



**Abbildung 21: Relative Umweltbelastung verschiedener Bewertungsmethoden von Fruchtsaftverpackungen pro 1L Fruchtsaft zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit

## Gründe

Eine genauere Analyse der Umweltbelastung ist in Abbildung 22 dargestellt. Die unterschiedlich hohen Umweltbelastungen sind vor allem auf die Herstellung der Primärverpackung (Behälter) zurückzuführen. Dabei erweist sich das hohe Gewicht der EW-Glasflaschen<sup>14</sup> als deutlicher Nachteil, da die Glasherstellung trotz hohem Rezyklatanteil relativ energieintensiv ist.

Bei der PET-Flasche ist die Größe sehr entscheidend. Pro Liter Inhalt werden für die 0,25 L Flasche 84,4 g PET sowie 15g Deckel (PE) benötigt, während für die 1,0 L Flasche 35g PET und 3,75 g Deckel (PE) anfallen. Diese Materialeinsparung ist der wesentliche Grund, weshalb die 1,0 L Flasche deutlich besser abschneidet

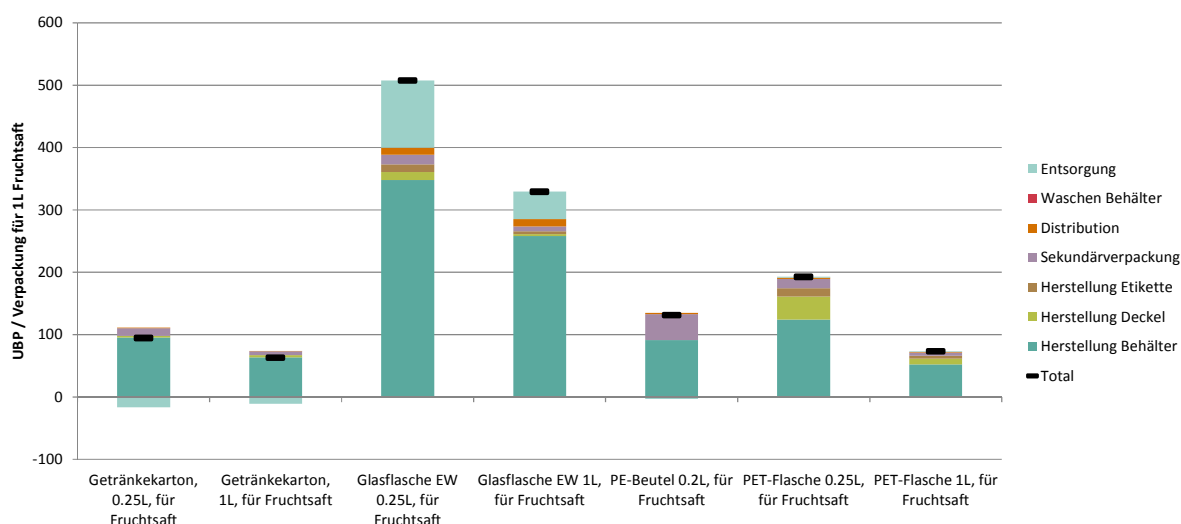
<sup>14</sup> Pro Liter Inhalt werden für die 0,25L Flasche 640g und für die 1,0L Flasche 475g Glas benötigt

als die 0.25 L Flasche. Bei den PET-Flaschen wurde von 35 % Rezyklatanteil ausgegangen mit einer Recyclingquote von 80 %. Unter diesen Bedingungen schneidet die 1 L PET-Flasche nach Abzug der Gutschrift fürs Recycling ähnlich gut ab wie die beste Getränkekartonvariante.

Innerhalb der Getränkekartons ist ebenfalls die Menge Material entscheidend. So wird pro Liter Inhalt beim 0.25 L Getränkekarton 38 g Getränkekarton sowie 1.2 g Trinkhalm (PE) benötigt. Beim 1.0 L Getränkekarton sind es noch 28.2 g Getränkekarton sowie 1.4 g Deckel (PE). Der 1.0L Getränkekarton gehört zu den umweltfreundlichsten Verpackungsvarianten von Fruchtsäften trotz der Tatsache, dass Getränkekartons nicht rezykliert werden (0 % Recyclingquote).

Beim Fruchtsaftbeutel 0.2 L benötigt man rund 20.5 g Material pro Liter Inhalt, welches nicht rezykliert wird (0 % Recyclingquote). Zusätzlich sind jeweils 10 Beutel in einem Karton verpackt. Pro Liter Inhalt kommen so noch 43.8 g Karton hinzu (Sekundärverpackung), was dazu führt, dass der Beutel in etwa gleich gut abschneidet wie der 0.25 L Getränkekarton.

Wenig relevant fürs Ergebnis sind die Etiketten sowie die verpackungsbedingten Transporte (Distribution).



**Abbildung 22: Umweltbelastung von Fruchtsaftverpackungen pro 1L Fruchtsaft zuhause konsumiert**

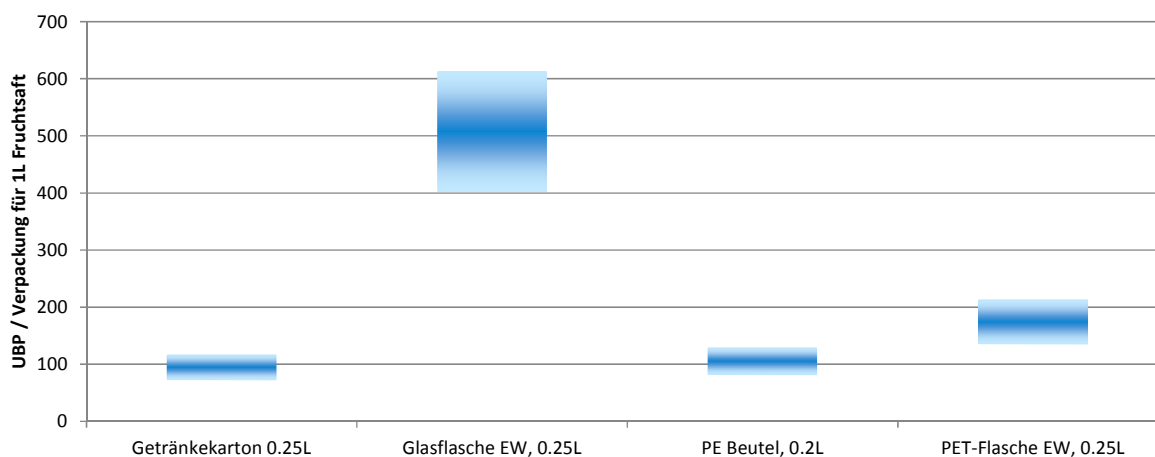
UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Herstellung Behälter beinhaltet allfällige Gutschriften fürs Recycling (Glasflasche: 96 % Recyclingquote, PET-Flasche: 80 % Recyclingquote). Entsorgung beinhaltet allfällige Gutschriften für die Bereitstellung von Wärme und Strom (Getränkekarton und PE-Beutel: 0 % Recyclingquote und 100 % Verbrennung in einer KVA).

Für Erläuterungen zur Abbildung 22 siehe Abschnitt „Gründe“ auf Seiten 74/75.

## 5.2.2 Konsum unterwegs

In diesem Szenario wurde untersucht, welche Fruchtsaftverpackung aus Umweltsicht für den Konsum unterwegs zu empfehlen ist. Dabei wurde angenommen, dass unterwegs nur die 0.2 L und 0.25 L Grössen in Frage kommen.

Wie in Abbildung 23 zu sehen ist, sind in diesem Fall der 0.25 L Getränkekarton und der 0.2 L Beutel der 0.25 L PET-Flasche oder EW-Glasflasche vorzuziehen.



**Abbildung 23: Umweltbelastung von Fruchtsaftverpackungen pro 1L Fruchtsaft unterwegs konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

## 5.3 Ice Tea

Für die Getränkegruppe Ice Tea wurden folgende Getränkeverpackungen untersucht:

- Getränkekarton 0.25 L (0 % Recyclingquote)
- Getränkekarton 0.5 L (0 % Recyclingquote)
- Getränkekarton 1.0 L (0 % Recyclingquote)
- PET-Flasche EW 0.5 L (80 % Recyclingquote)
- PET-Flasche EW 1.5 L (80 % Recyclingquote)

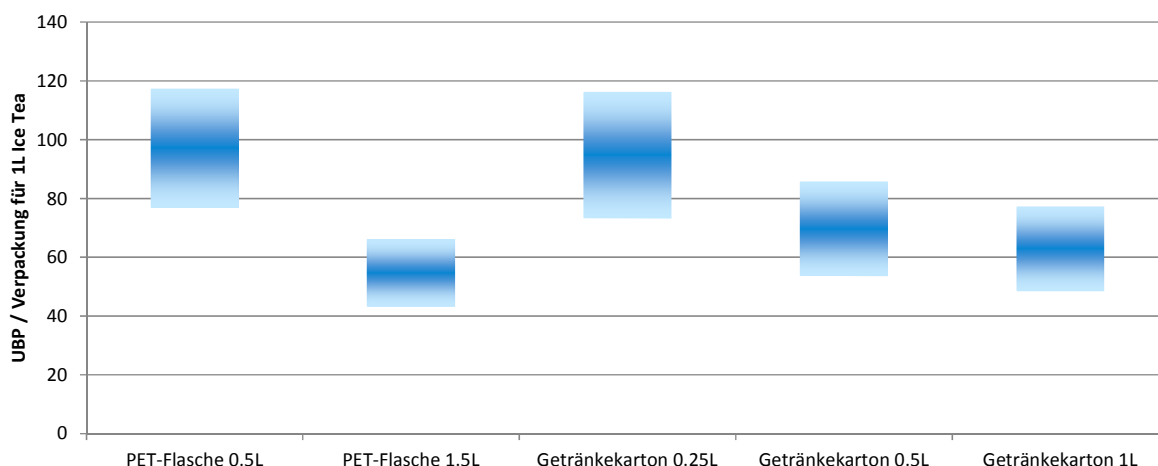
Es wurden alle verpackungsrelevanten Prozesse von der Bereitstellung der Rohstoffe über die Herstellung und Transport der Verpackung bis hin zur Entsorgung der Verpackung mitberücksichtigt. Im Normalfall nicht berücksichtigt wurden der Transport des Inhalts selber (wohl aber die Tatsache, dass je nach Verpackungstyp ein LKW mehr oder weniger Getränkevolumen transportieren kann), ein allfälliger Heimtransport des Kunden sowie das Nutzungsverhalten des Kunden. Details zur Systemgrenze, Vorgehen und Datengrundlage können dem Methodenbericht Kapitel 1 bis 4 entnommen werden.

### 5.3.1 Konsum zuhause

#### Übersicht

Für den Konsum von Ice Tea zuhause ergeben sich folgende Resultate (Abbildung 24) unter der Annahme, dass bei allen Verpackungen keine respektive gleich hohe Verluste des Inhaltes anfallen:

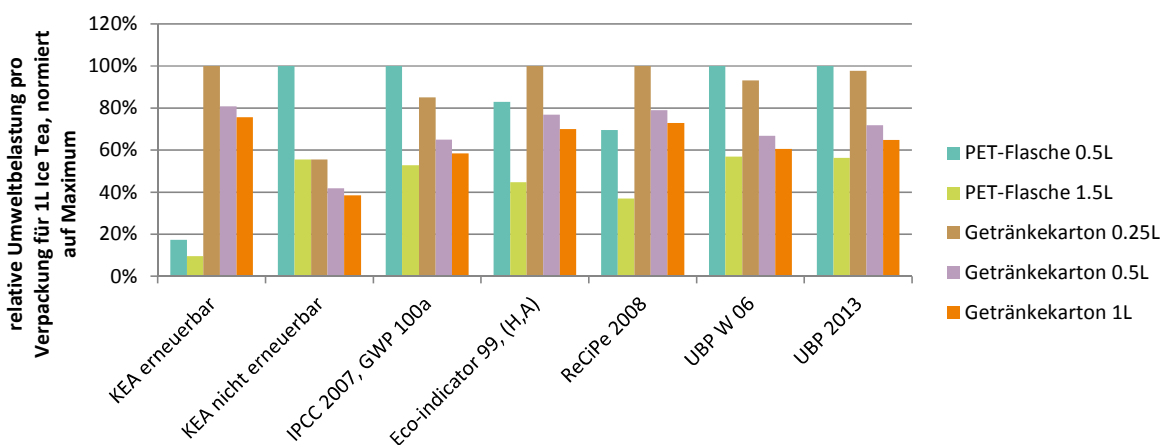
- Innerhalb desselben Verpackungstyps sind grossvolumige Verpackungen den Kleinvolumigen vorzuziehen (sofern davon ausgegangen wird, dass der Inhalt gänzlich getrunken wird und keine Verluste auftreten).
- Die 1.5 L PET-Flasche schneidet tendenziell am besten ab.
- Der 1 L und 0.5 L Getränkekarton weisen vergleichbare Umweltbelastungen auf wie die 1.5 L PET-Flasche
- Die 0.5 L PET-Flasche und der 0.25 L Getränkekarton weisen im Vergleich zu den restlichen Verpackungen die tendenziell höchste Umweltbelastung auf.



**Abbildung 24: Umweltbelastung von Ice Tea Verpackungen pro 1L Ice Tea zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

Dieses Ergebnis wird durch die anderen Bewertungsmethoden nur teilweise bestätigt (Abbildung 25). Es fällt jedoch auf, dass bei ReCiPe 2008 der Getränkekarton schlechter abschneidet als die PET-Flasche 1.5 L. Dies hängt mit der relativ hohen Gewichtung der Landnutzung der Holzbewirtschaftung in ReCiPe 2008 zusammen. Diese Landnutzung ist für den Getränkekarton eher überbewertet, da in ReCiPe keine Bewertung für eine FSC-Waldbewirtschaftung existiert.



**Abbildung 25: Relative Umweltbelastung verschiedener Bewertungsmethoden von Ice Tea Verpackungen pro 1L Ice Tea zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit

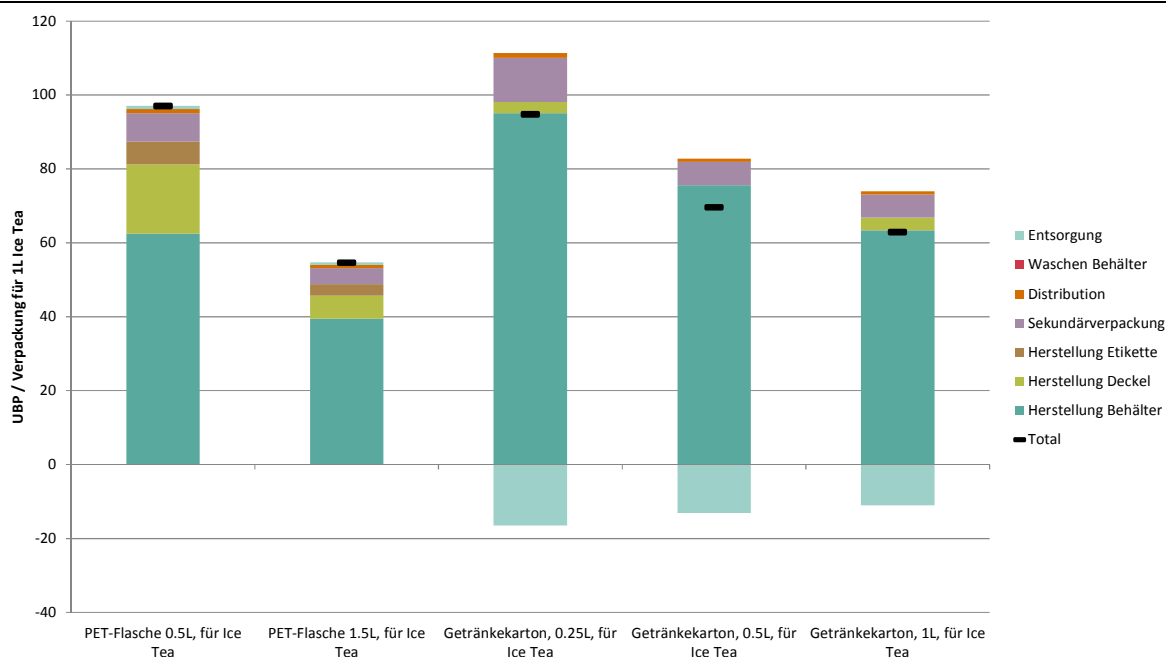
## Gründe

Eine genauere Analyse der Umweltbelastung ist in Abbildung 26 dargestellt. Die unterschiedlich hohen Umweltbelastungen sind vor allem auf die Herstellung der Primärverpackung (Behälter) zurückzuführen. Dabei erweist sich ein geringes Gewicht als Vorteil.

Bei der PET-Flasche ist die Grösse sehr entscheidend. Pro Liter Inhalt werden für die 0.5 L Flasche 42.5 g PET sowie 7.5 g Deckel (PE) benötigt, während für die 1.5 L Flasche nur 26.8 g PET und 2.5 g Deckel (PE) benötigt werden. Diese Materialeinsparung ist der wesentliche Grund, weshalb die 1.5 L Flasche deutlich besser abschneidet als die 0.5 L Flasche. Bei den PET-Flaschen wurde von 35 % Rezyklatanteil ausgegangen, mit einer Recyclingquote von 80 %. Unter diesen Bedingungen schneidet die 1.5 L PET-Flasche nach Abzug der Gutschrift fürs Recycling ähnlich gut ab wie die besten Getränkekartons.

Innerhalb der Getränkekartons ist ebenfalls die Menge Material entscheidend. So werden pro Liter Inhalt bei der 0.25 L Grösse 38 g Getränkekarton sowie 1.2 g Trinkhalm (PE) benötigt. Bei der 0.5 L Grösse sind es noch 32 g Getränkekarton und bei der 1.0 L Grösse 28.2 g Getränkekarton sowie 1.4 g Deckel (PE). Der 1.0 L und 0.5 L Getränkekarton gehören zu den umweltfreundlichsten Verpackungsvarianten von Ice Tea trotz der Tatsache, dass Getränkekartons nicht recycelt werden (0 % Recyclingquote).

Wenig relevant fürs Ergebnis sind die Sekundärverpackungen, die Etiketten sowie die verpackungsbedingten Transporte (Distribution).



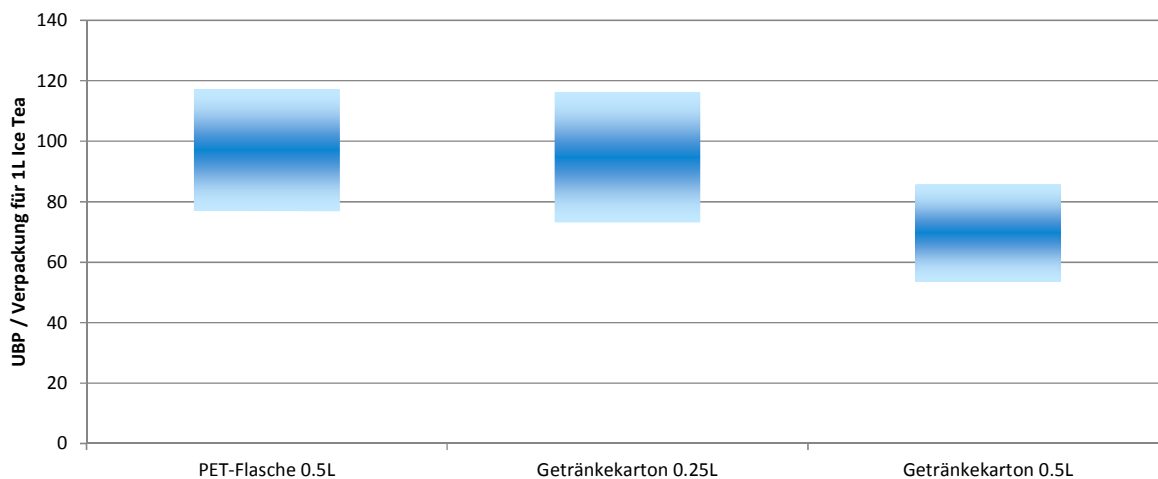
**Abbildung 26: Umweltbelastung von Ice Tea Verpackungen pro 1L Ice Tea zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit. Herstellung Behälter beinhaltet allfällige Gutschriften fürs Recycling (PET-Flasche: 80 % Recyclingquote). Entsorgung beinhaltet allfällige Gutschriften für die Bereitstellung von Wärme und Strom (Getränkekarton: 0 % Recyclingquote und 100 % Verbrennung in einer KVA). Für Erläuterungen zur Abbildung 26 siehe Abschnitt „Gründe“ auf Seite 79.

### 5.3.2 Konsum unterwegs

In diesem Szenario wurde untersucht, welche Ice Tea Verpackung aus Umweltsicht für den Konsum unterwegs zu empfehlen ist. Dabei wurde angenommen, dass unterwegs nur die 0.25 L und 0.5 L Grössen in Frage kommen.

Wie in Abbildung 27 zu sehen ist, ist in diesem Fall der 0.5 L Getränkekarton dem 0.25 L Getränkekarton sowie der 0.5 L PET-Flasche knapp vorzuziehen.



**Abbildung 27: Umweltbelastung von Ice Tea Verpackungen pro 1L Ice Tea unterwegs konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.



## 5.4 Milch

Für die Getränkegruppe Milch wurden folgende Getränkeverpackungen untersucht:

- Getränkekarton 0.5 L (UHT Milch) (0 % Recyclingquote)
- Getränkekarton 1.0 L (UHT Milch) (0 % Recyclingquote)
- Getränkekarton 1.0 L (Frischmilch) (0 % Recyclingquote)
- Glasflasche MW 1.0 L (25 Nutzungen)
- PE-Beutel 1.0 L (0 % Recyclingquote)
- PET-Flasche EW 1.0 L (80 % Recyclingquote)
- PE-Flasche EW 1.0 L (60 % Recyclingquote)

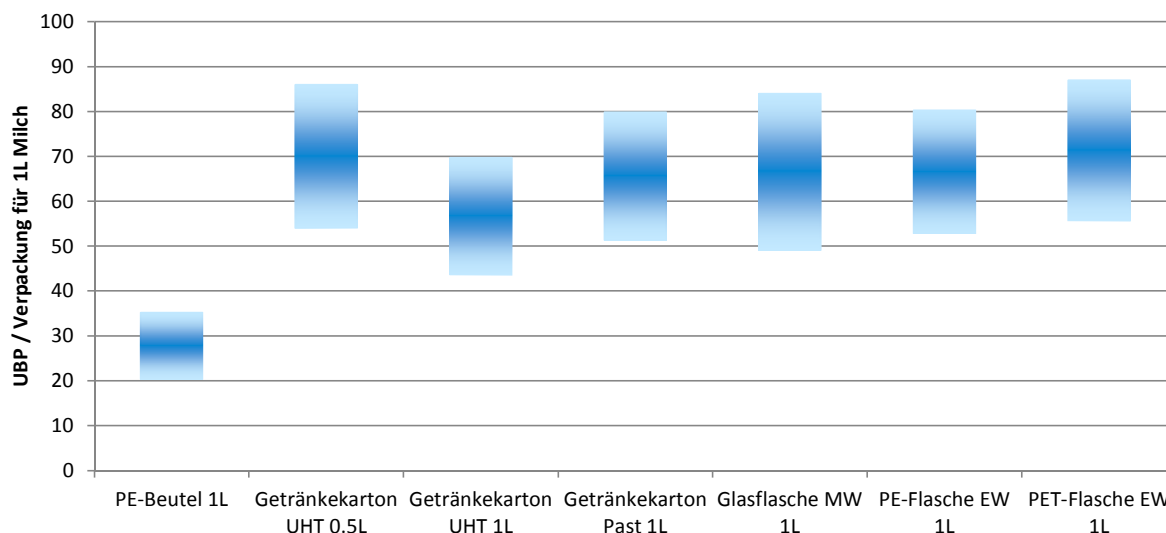
Es wurden alle Verpackungsrelevanten Prozesse von der Bereitstellung der Rohstoffe über die Herstellung und Transport der Verpackung bis hin zur Entsorgung der Verpackung mitberücksichtigt. Im Normalfall nicht berücksichtigt wurden der Transport des Inhalts selber (wohl aber die Tatsache, dass je nach Verpackungstyp ein LKW mehr oder weniger Getränkevolumen transportieren kann), ein allfälliger Heimtransport des Kunden sowie das Nutzungsverhalten des Kunden. Details zur Systemgrenze, Vorgehen und Datengrundlage können dem Methodenbericht Kapitel 1 bis 4 entnommen werden.

### 5.4.1 Konsum zuhause

#### Übersicht

Für den Konsum von Milch zuhause ergeben sich folgende Resultate (Abbildung 28):

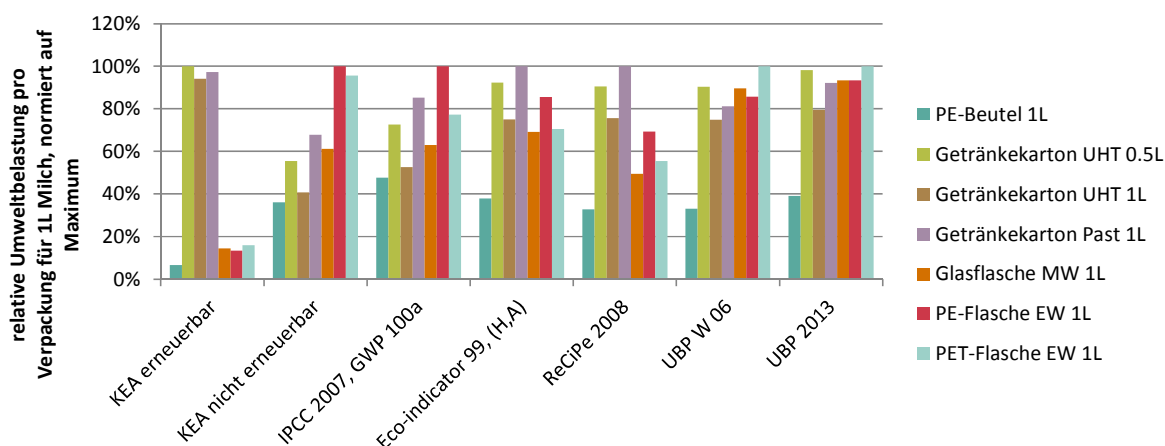
- Der 1 L PE-Beutel weist die signifikant tiefste Umweltbelastung auf
- Die restlichen Milchverpackungen weisen alle ähnlich hohe Umweltbelastungen auf



**Abbildung 28: Umweltbelastung von Milchverpackungen pro 1L Milch zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

Dieses Ergebnis wird durch die anderen Bewertungsmethoden bestätigt (Abbildung 29). Es fällt jedoch auf, dass bei ReCiPe 2008 die Getränkekartons schlechter abschneiden als bei UBP 06 und UBP 13. Dies hängt mit der relativ hohen Gewichtung der Landnutzung der Holzbewirtschaftung in ReCiPe 2008 zusammen. Diese Landnutzung ist für Getränkekartons eher überbewertet, da in ReCiPe keine Bewertung für eine FSC-Waldbewirtschaftung existiert. Zudem fällt beim 1L Getränkekarton (Past-Milch) der relativ hohe Gewichtsanteil des Kunststoffdeckels ins Gewicht.



**Abbildung 29: Relative Umweltbelastung verschiedener Bewertungsmethoden von Milchverpackungen pro 1L Milch zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit

## Gründe

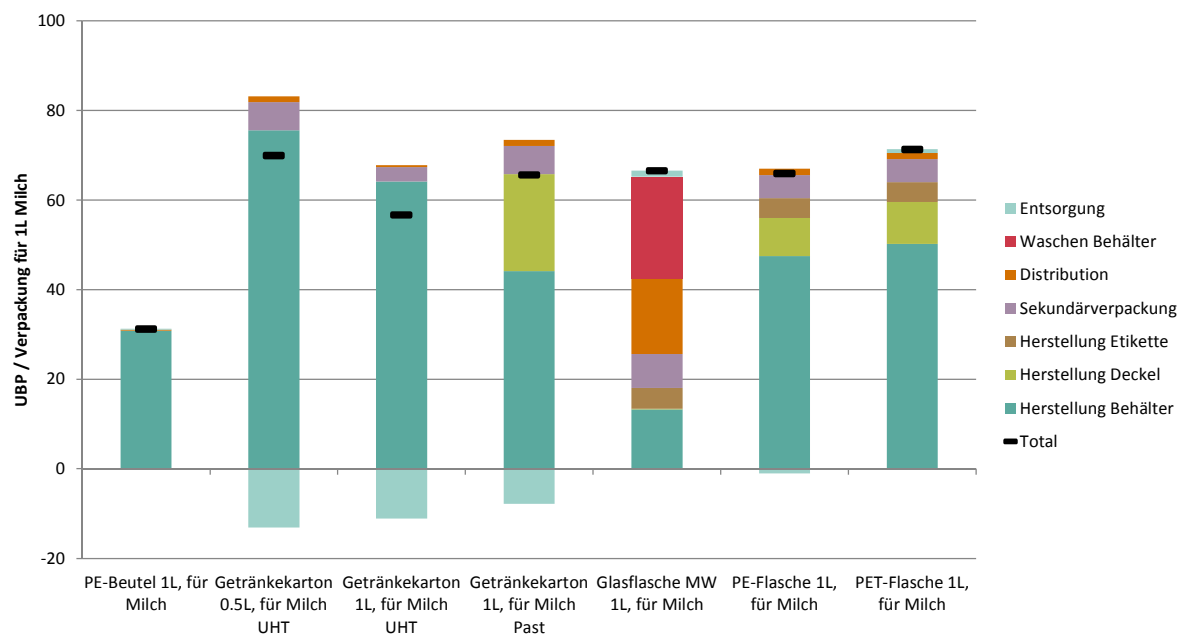
Eine genauere Analyse der Umweltbelastung ist in Abbildung 30 dargestellt. Die unterschiedlich hohen Umweltbelastungen sind vor allem auf das Gewicht und dem damit verbundenen Aufwand bei der Herstellung der Primärverpackung (Behälter) zurückzuführen. Dabei erweist sich ein geringes Gewicht als Vorteil, denn die Umweltbelastung pro Gewichtseinheit der Materialien Getränkekarton, PET und PE ist unter den berücksichtigten Rezyklat- und Recyclinganteilen (siehe dazu Kapitel 4) sehr ähnlich.

Der 1L PE-Beutel kommt mit nur 8.6 g Material aus, während die PE- und PET-Flasche beide um die 34 g schwer sind mit einem Deckel um die 3.5 g.

Innerhalb der Getränkekartons ist ebenfalls die Menge Material entscheidend. So benötigt man pro Liter Inhalt bei der 0.5 L Größe 32 g Getränkekarton. Bei der 1.0 L Größe für UHT-Milch sind es 28.5 g Getränkekarton und 1.5 g Deckel (PE), während es für die 1.0 L Größe für Past-Milch 25.6 g Getränkekarton und zusätzlich 8.7 g PE-Material für den Flaschenkopf sind. Dies führt zu einer höheren Umweltbelastung des 1.0 L Getränkekartons für Past-Milch im Vergleich zur 1.0 L Größe für UHT-Milch. Zu beachten ist, dass die Getränkekartons nicht rezykliert werden (0 % Recyclingquote).

Ein wenig anders setzt sich die Umweltbelastung bei der MW-Glasflasche zusammen. Die Glasherstellung ist dank der mehrmaligen Verwendung wenig relevant. Das hohe Gewicht der Glasflasche führt jedoch dazu, dass die Distribution sowie der Rücktransport zum Waschen zusammen mit dem Waschprozess wesentlich zur Umweltbelastung beitragen und die Mehrwegflasche ähnlich abschneidet wie die Getränkekartons und Kunststoffflaschen.

Wenig relevant fürs Ergebnis sind die Sekundärverpackungen, die Etiketten sowie die verpackungsbedingten Transporte (Distribution) mit Ausnahme der MW-Glasflasche.



**Abbildung 30: Umweltbelastung von Milchverpackungen pro 1L Milch zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Herstellung Behälter beinhaltet allfällige Gutschriften fürs Recycling (Glasflasche MW: 25 Nutzungen und 96 % Recyclingquote, PE-Flasche: 60 % Recyclingquote, PET-Flasche: 80 % Recyclingquote). Entsorgung beinhaltet allfällige Gutschriften für die Bereitstellung von Wärme und Strom (Getränk karton und PE-Beutel: 0 % Recyclingquote und 100 % Verbrennung in einer KVA). Für Erläuterungen zur Abbildung 30 siehe Abschnitt „Gründe“ auf Seiten 82.

## 5.5 Mineralwasser

Für die Getränkegruppe Mineralwasser wurden folgende Getränkeverpackungen untersucht:

- Glasflasche EW 0.5 L (96 % Recyclingquote)
- Glasflasche EW 1.0 L (96 % Recyclingquote)
- Glasflasche MW 0.5 L (25 Nutzungen)
- Glasflasche MW 1.0 L (25 Nutzungen)
- PET-Flasche EW 0.5 L (80 % Recyclingquote)
- PET-Flasche EW 1.5 L (80 % Recyclingquote)
- Leitungswasser mit Sodastream, 1.0 L

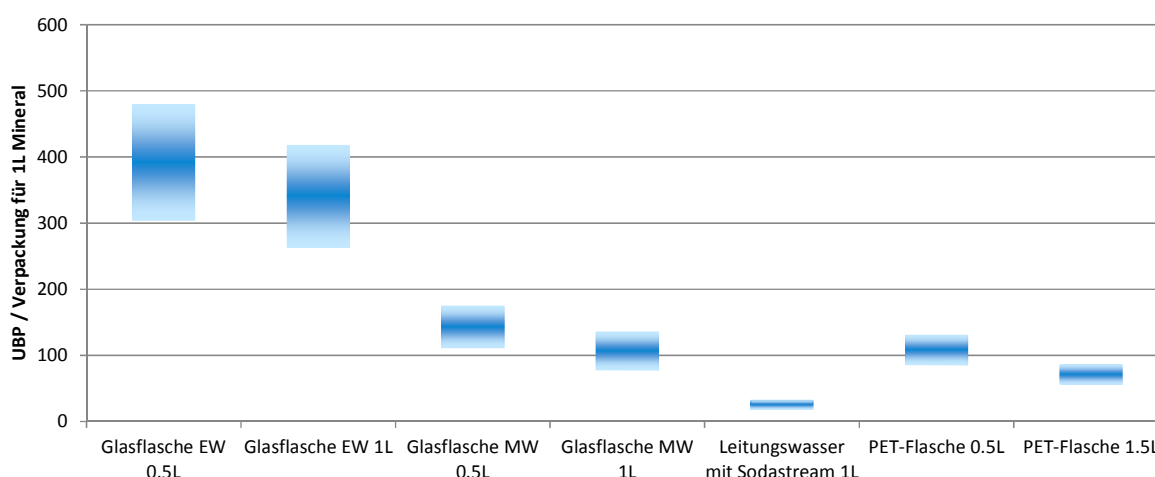
Es wurden alle Verpackungsrelevanten Prozesse von der Bereitstellung der Rohstoffe über die Herstellung und Transport der Verpackung bis hin zur Entsorgung der Verpackung mitberücksichtigt. Ebenfalls berücksichtigt wurde der Transport des Wassers vom Abfüller in den Laden sowie der Transport via das Trinkwasserleitungssystem für die Sodastream Variante. Nicht berücksichtigt wurde der Einkaufstransport (Best Case Annahme: Fahrrad). Die Relevanz des Einkaufstransportes wird im Kapitel 5.9.3 näher erläutert. Details zur Systemgrenze, Vorgehen und Datengrundlage können dem Methodenbericht Kapitel 1 bis 4 entnommen werden.

### 5.5.1 Konsum zuhause

#### Übersicht

Für den Konsum von Mineralwasser zuhause ergeben sich folgende Resultate (Abbildung 31):

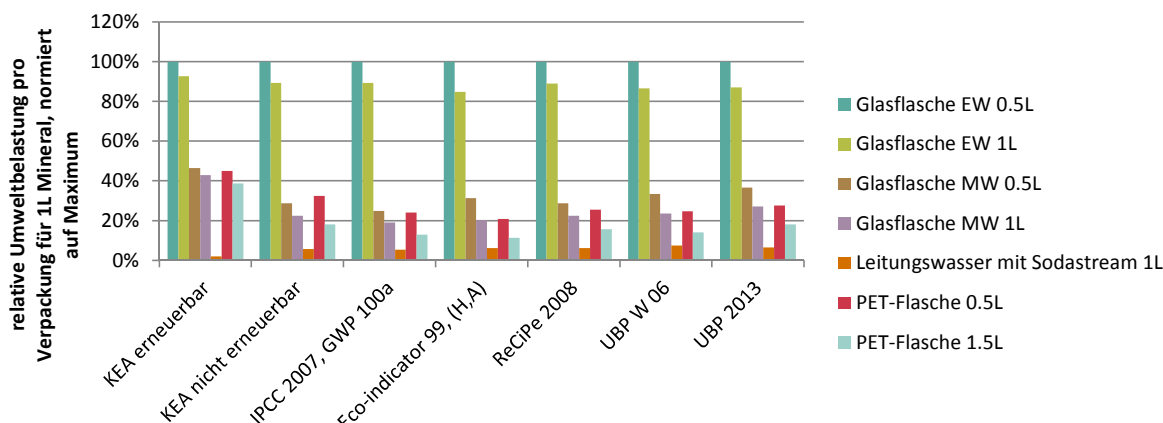
- Mit Sodastream aufbereitetes Leitungswasser ist mit Abstand die umweltfreundlichste Variante.
- Die 1.5 L PET-Flasche schneidet besser ab als die anderen Flaschenvarianten.
- Die MW-Glasflaschen haben eine ähnlich hohe Umweltbelastung wie die 0.5 L PET-Flaschen.
- Die EW-Glasflaschen weisen mit Abstand die höchste Umweltbelastung auf.



**Abbildung 31: Umweltbelastung von Mineralwasserverpackungen pro 1L Mineralwasser zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

Dieses Ergebnis wird durch die anderen Bewertungsmethoden bestätigt (Abbildung 32).



**Abbildung 32: Relative Umweltbelastung verschiedener Bewertungsmethoden von Mineralwasserverpackungen pro 1L Mineralwasser zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit

### Gründe

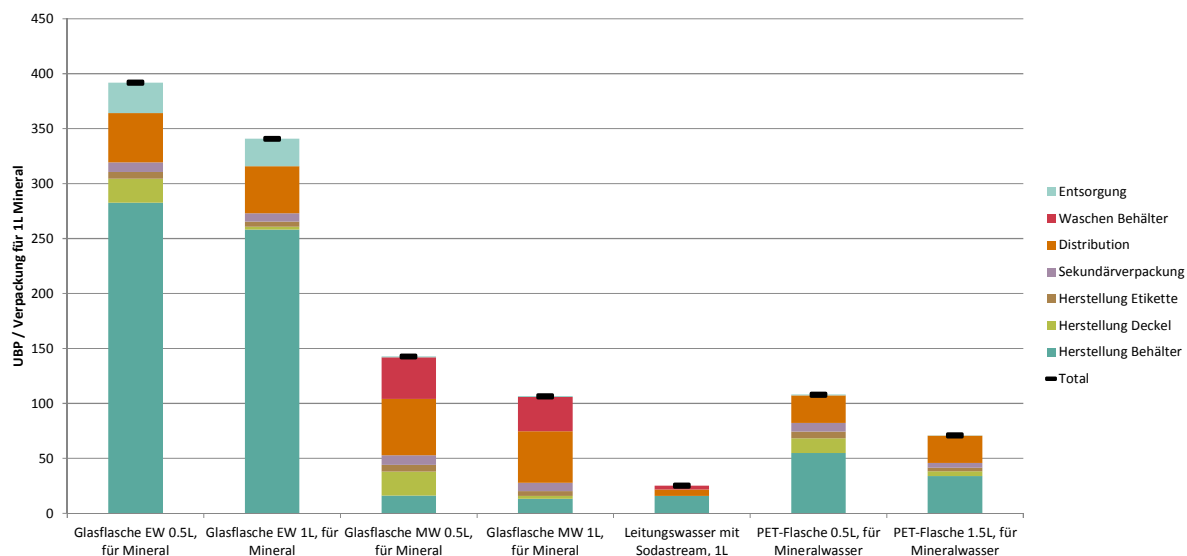
Eine genauere Analyse der Umweltbelastung ist in Abbildung 33 dargestellt. Ein wesentlicher Vorteil von Sodastream ist, dass kein Wasser transportiert werden muss und Leitungswasser verwendet werden kann. Zusätzlich ist der Materialaufwand sehr gering, da mit Mehrwegflaschen aus PE das Mineralwasser zubereitet wird. Sowohl das Auswaschen der Flasche wie auch die Herstellung des Geräts und der CO<sub>2</sub>-Patrone sowie deren Transport generiert nur eine geringe Umweltbelastung ähnlich dem Herstellungsanteil der MW-Glasflasche.

Bei den EW-Glasflaschen erweist sich das hohe Gewicht<sup>15</sup> als deutlicher Nachteil, da die Glasherstellung trotz hohem Rezyklatanteil relativ energieintensiv ist. Der Glasherstellungsanteil kann bei den MW-Glasflaschen dank der mehrmaligen Wiederbefüllung merklich reduziert werden. Bei den MW-Glasflaschen fällt nebst dem Waschprozess auf, dass die Distribution eine höhere Umweltbelastung generiert als bei PET-Flaschen. Dies hat unter anderem damit zu tun, dass der Gewichtsanteil der Glasflaschen an einer LKW Ladung rund 50 % ausmacht, während er bei PET-Flaschen maximal 10 % beträgt.

Bei den PET-Flaschen wurde von 35 % Rezyklatanteil ausgegangen mit einer Recyclingquote von 80 %. Unter diesen Bedingungen schneidet die PET-Flasche nach Abzug der Gutschrift fürs Recycling besser ab als die MW-Glasflasche.

Wenig relevant fürs Ergebnis sind die Deckel und Etiketten.

<sup>15</sup> Pro Liter Mineralwasser werden für die 0.5 L Flasche 520 g und für die 1.0 L Flasche 475 g Glas benötigt.

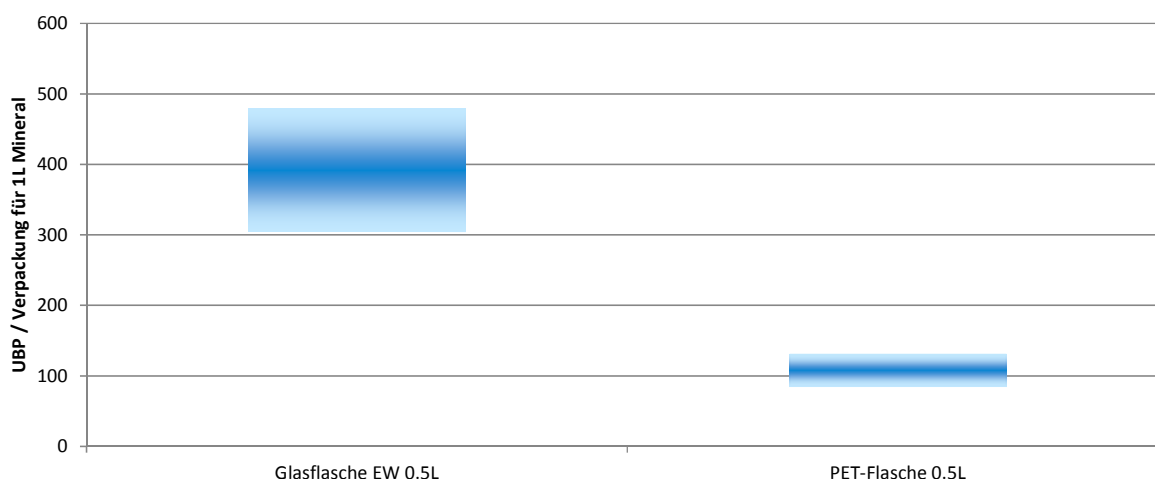


**Abbildung 33: Umweltbelastung von Mineralwasserverpackungen pro 1L Mineralwasser zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Herstellung Behälter beinhaltet allfällige Gutschriften fürs Recycling (Glasflasche EW: 96 % Recyclingquote, Glasflasche MW: 25 Nutzungen und 96 % Recyclingquote, PET-Flasche: 80 % Recyclingquote). Entsorgung beinhaltet allfällige Gutschriften für die Bereitstellung von Wärme und Strom. Für Erläuterungen zur Abbildung 33 siehe Abschnitt „Gründe“ auf Seite 85.

## 5.5.2 Konsum unterwegs

In diesem Szenario wurde untersucht, welche Mineralwasserverpackung aus Umweltsicht für den Konsum unterwegs zu empfehlen ist. Dabei wurde angenommen, dass aus Gründen der Convenience (siehe dazu auch Kapitel 7.1) unterwegs alle Grössen bis 0.5 L in Frage kommen, jedoch ohne die MW-Glasflaschen. Wie in Abbildung 34 zu sehen ist, ist in diesem Fall die 0.5 L PET-Flasche der 0.5 L EW-Glasflasche vorzuziehen.



**Abbildung 34: Umweltbelastung von Mineralwasserverpackungen pro 1L Mineralwasser unterwegs konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

## 5.6 Süssgetränke

Für die Getränkegruppe Süssgetränke wurden folgende Getränkeverpackungen untersucht:

- Aludose 0.25 L (91 % Recyclingquote)
- Aludose 0.33 L (91 % Recyclingquote)
- Aludose 0.5 L (91 % Recyclingquote)
- Glasflasche EW 0.5 L (96 % Recyclingquote)
- Glasflasche EW 1.0 L (96 % Recyclingquote)
- Glasflasche MW 0.33 L (25 Nutzungen)
- Glasflasche MW 0.75 L (25 Nutzungen)
- Glasflasche MW 1.0 L (25 Nutzungen)
- PET-Flasche EW 0.5 L (80 % Recyclingquote)
- PET-Flasche EW 1.5 L (80 % Recyclingquote)
- Stahltank 20 L (keg), Premix<sup>16</sup> (210 Nutzungen)
- Stahltank 20 L (keg), Postmix (210 Nutzungen)

Es wurden alle Verpackungsrelevanten Prozesse von der Bereitstellung der Rohstoffe über die Herstellung und Transport der Verpackung bis hin zur Entsorgung der Verpackung mitberücksichtigt. Im Normalfall nicht berücksichtigt wurden der Transport des Inhalts selber (wohl aber die Tatsache, dass je nach Verpackungstyp ein LKW mehr oder weniger Getränkevolumen transportieren kann), ein allfälliger Heimtransport des Kunden sowie das Nutzungsverhalten des Kunden. Details zur Systemgrenze, Vorgehen und Datengrundlage können dem Methodenbericht Kapitel 1 bis 4 entnommen werden.

### 5.6.1 Konsum zuhause

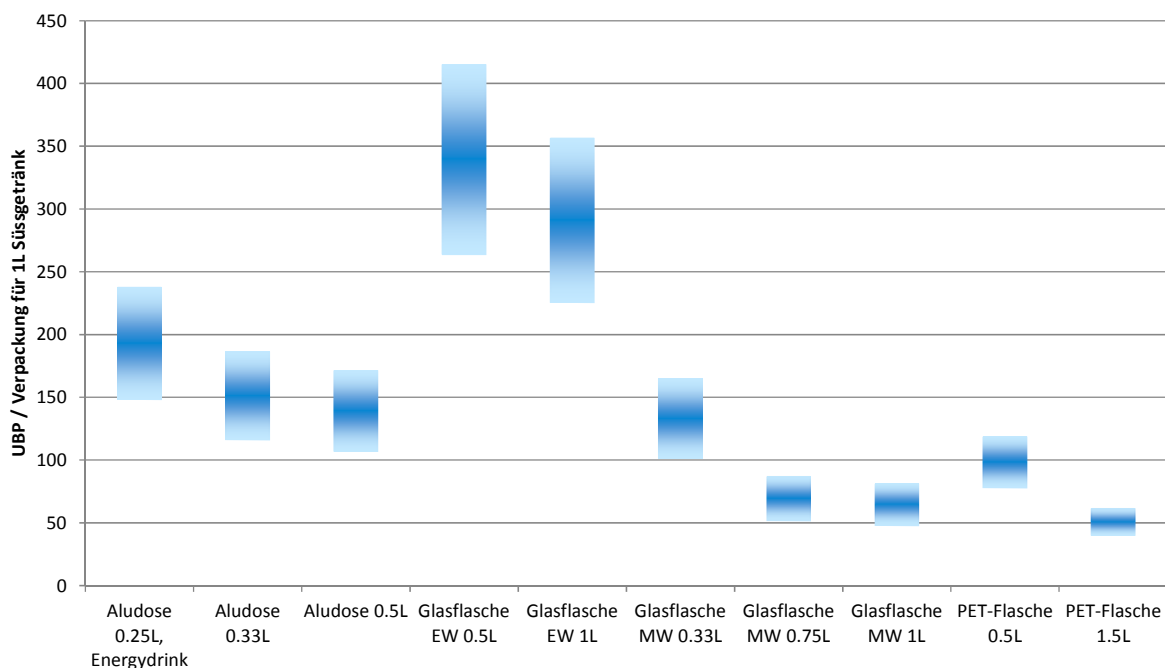
#### Übersicht

Für den Konsum von Süssgetränken zuhause ergeben sich folgende Resultate (Abbildung 35) unter der Annahme, dass bei allen Verpackungen keine respektive gleich hohe Verluste des Inhaltes anfallen:

- Die 1.5 L PET-Flasche weist zusammen mit den 0.75 L und 1.0L MW-Glasflaschen die tiefsten Umweltbelastungen auf.
- Gefolgt von der 0.33 L MW-Glasflasche, der 0.5 L PET-Flasche und der 0.5 L Aludose.
- Die verschiedenen Verpackungen weisen bei gleicher Gebindegrösse ähnliche Umweltbelastungen auf mit Ausnahme der EW-Glasflasche.
- Die EW-Glasflaschen weisen mit Abstand die höchste Umweltbelastung auf.

---

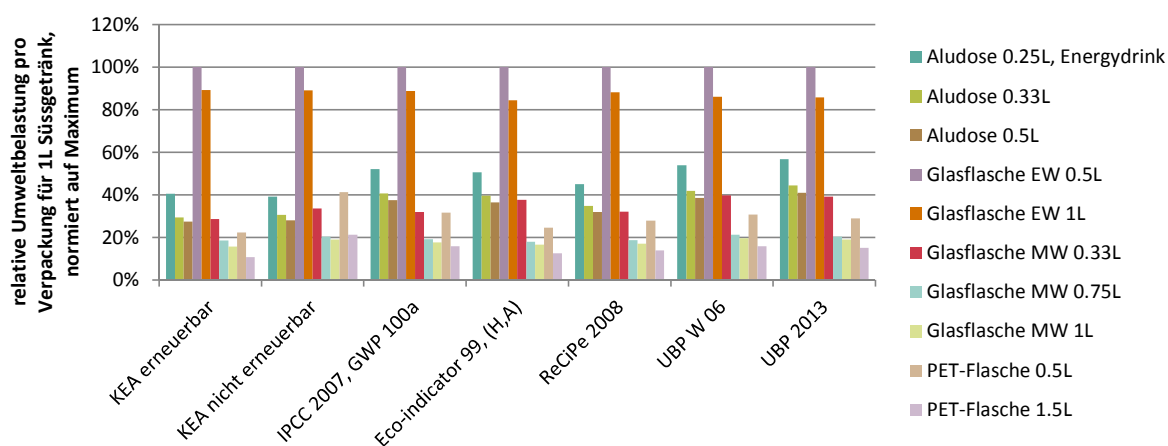
<sup>16</sup> Beim Premix wird das fertige Getränk geliefert. Beim Postmix wird ein Sirup geliefert, der beim Ausschank mit der richtigen Menge Wasser und Kohlensäure gemischt wird.



**Abbildung 35: Umweltbelastung von Süßgetränkeverpackungen pro 1L Süßgetränk zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

Dieses Ergebnis wird durch die anderen Bewertungsmethoden bestätigt (Abbildung 36).



**Abbildung 36: Relative Umweltbelastung verschiedener Bewertungsmethoden von Getränkeverpackungen pro 1L Süßgetränk zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit



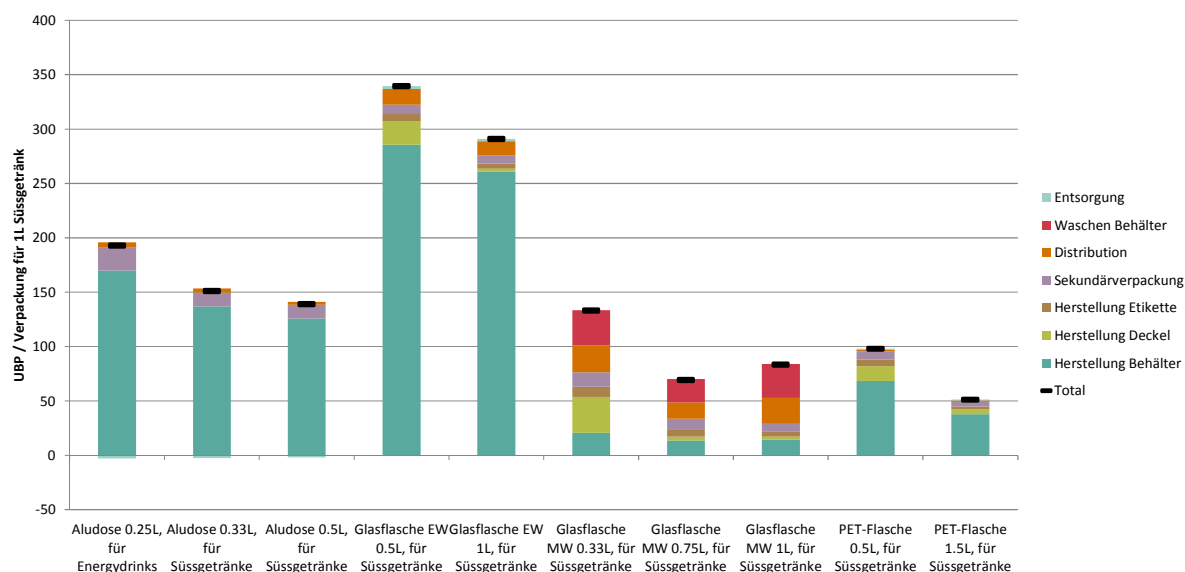
## Gründe

Eine genauere Analyse der Umweltbelastung ist in Abbildung 37 dargestellt. Bei den EW-Glasflaschen erweist sich das hohe Gewicht<sup>17</sup> als deutlicher Nachteil, da die Glasherstellung trotz hohem Rezyklatanteil relativ energieintensiv ist. Der Glasherstellungsanteil kann bei den MW-Glasflaschen dank der mehrmaligen Wiederbefüllung merklich reduziert werden, so dass trotz dem Rücktransport und Auswaschen die MW-Glasflasche ähnlich gut wie die 1.5 L PET-Flasche abschneidet.

Die 0.5 L PET-Flasche hat ein Gewicht von ca. 25 g<sup>18</sup>, die 1.5L PET-Flasche wiegt 38.5 g<sup>19</sup>. Der Rezyklatanteil beträgt 35 % und die Recyclingquote 80 %. Unter diesen Bedingungen gehört die PET-Flasche nach Abzug der Gutschrift fürs Recycling zu den umweltfreundlichsten Süssgetränkeverpackungen.

Aludosen sind zwar deutlich leichter (pro Liter Süssgetränk werden für die 0.25L Aludose 42.8 g, 0.33 L Aludose 34.5 g und für die 0.5 L Aludose 31.6g benötigt) und weisen ebenfalls hohe Recyclingquoten von über 90 % auf. Nicht zuletzt aufgrund der kleineren Gebindegrösse weist die Herstellung der Aludosen nach Abzug der Gutschrift fürs Recycling (siehe dazu auch Kapitel 3.8.2) noch höhere Umweltbelastungen auf als die umweltfreundlichsten Süssgetränkeverpackungen.

Wenig relevant fürs Ergebnis sind die Deckel und Etiketten sowie die verpackungsbedingten Transporte (Distribution) mit Ausnahme der 0.33 L MW-Glasflasche. Bei dieser werden pro Liter 3 g Deckel und Etiketten benötigt, was auch dazu beiträgt, dass deren Umweltbelastung schlechter ist als die von grösseren MW-Glasflaschen.



**Abbildung 37: Umweltbelastung von Süssgetränkeverpackungen pro 1L Süssgetränk zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Herstellung Behälter beinhaltet allfällige Gutschriften fürs Recycling (Aludose: 91 % Recyclingquote, Glasflasche EW: 96 % Recyclingquote, Glasflasche MW: 25 Nutzungen und 96 % Recyclingquote, PET-Flasche: 80 % Recyclingquote). Entsorgung beinhaltet allfällige Gutschriften für die Bereitstellung von Wärme und Strom. Für Erläuterungen zur Abbildung 37 siehe Abschnitt „Gründe“ auf Seite 89.

<sup>17</sup> Pro Liter Süssgetränk werden für die 0.5 L Flasche 520 g und für die 1.0 L Flasche 475 g Glas benötigt.

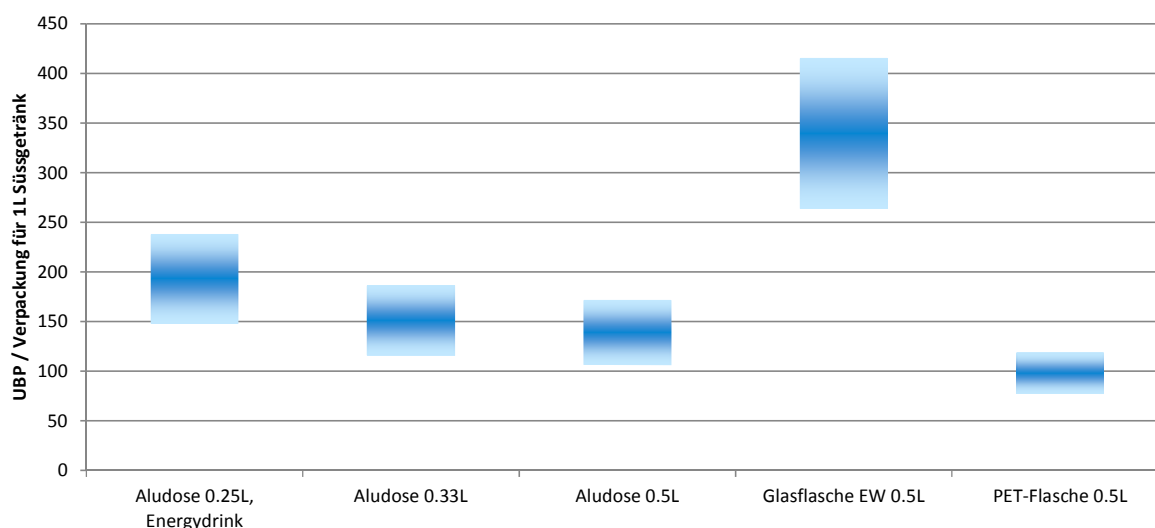
<sup>18</sup> 50 g pro Liter Inhalt

<sup>19</sup> 25.6 g pro Liter Inhalt

## 5.6.2 Konsum unterwegs

In diesem Szenario wurde untersucht, welche Süssgetränkeverpackung aus Umweltsicht für den Konsum unterwegs zu empfehlen ist. Dabei wurde angenommen, dass aus Gründen der Convenience (siehe dazu auch Kapitel 7.1) unterwegs alle Grössen bis 0.5 L in Frage kommen, jedoch ohne die MW-Glasflaschen.

Wie in Abbildung 38 zu sehen ist, sind in diesem Fall die 0.5 L PET-Flasche den Aludosen oder der 0.5 L EW-Glasflasche vorzuziehen.



**Abbildung 38: Umweltbelastung von Süssgetränkeverpackungen pro 1L Süssgetränk unterwegs konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

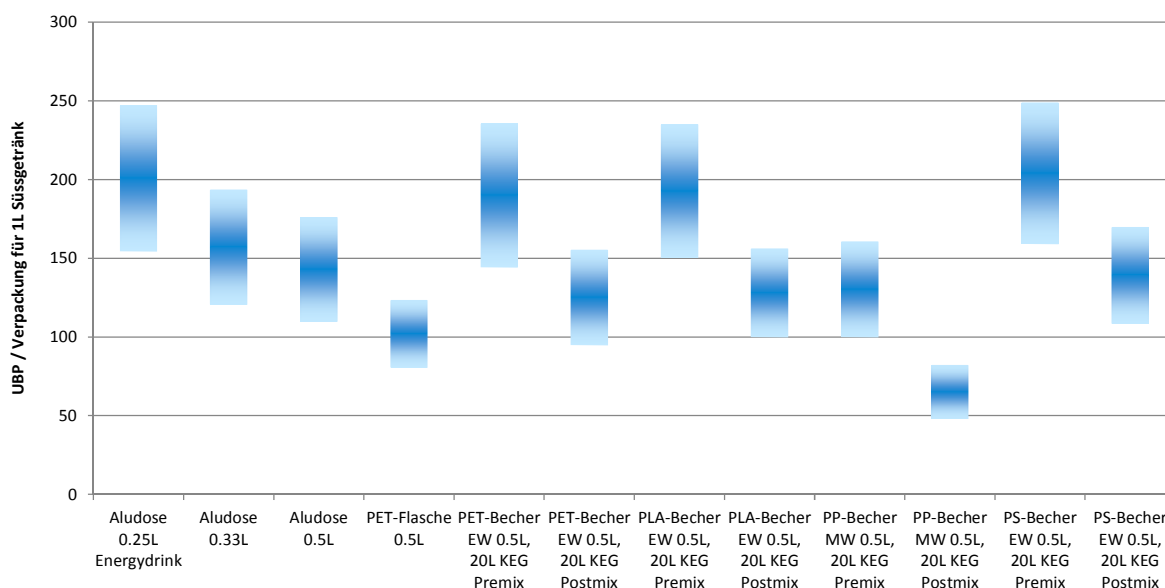
## 5.6.3 Konsum ab Ausschank

In diesem Szenario wurde untersucht, welche Süssgetränkeverpackung aus Umweltsicht für den Ausschank an einer Veranstaltung oder in einem Restaurant zu empfehlen ist. Dabei wurde angenommen, dass für Süssgetränke aus dem Stahlbehälter ein Becher verwendet wird, während bei den anderen Verpackungstypen das Süssgetränk ohne Glas konsumiert werden kann (Best Case). Zusätzlich wurde der Transport der Süssgetränke selber auch berücksichtigt, da dieser für den Vergleich von Premix und Postmix von Relevanz ist.

### Übersicht

Für den Konsum von ausgeschriebenem Süssgetränk ergeben sich folgende Resultate (Abbildung 39):

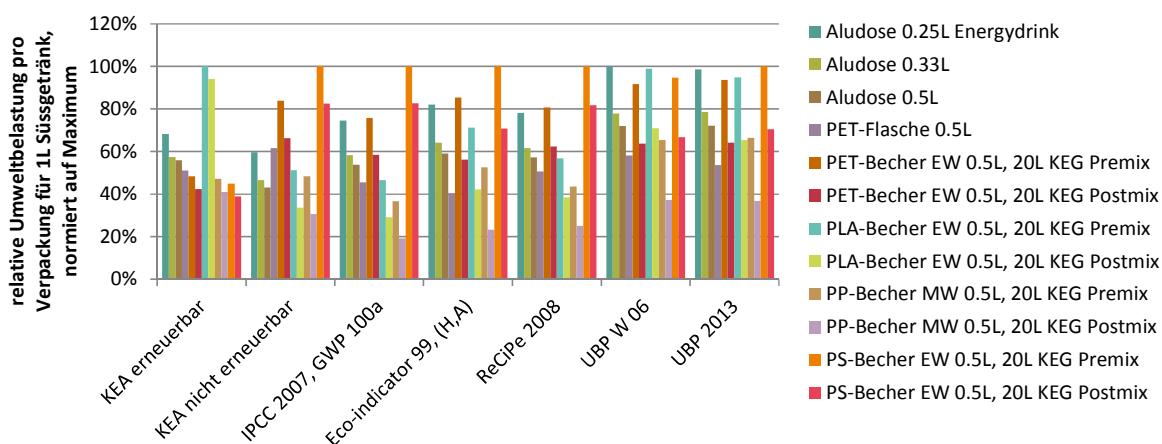
- Der Offenausschank aus dem 20 L Fass (keg) als Postmix im Mehrwegbecher weist die tiefste Umweltbelastung auf.
- Der Offenausschank aus dem 20 L Fass (keg) als Postmix in Einwegbechern weist ähnlich hohe Umweltbelastungen auf wie die 0.5 L PET-Flasche oder Offenausschank aus dem 20 L Fass, als Premix im Mehrwegbecher.
- Aludosen weisen zusammen mit dem Offenausschank aus dem 20 L Fass, als Premix in Einwegbechern tendenziell die höchsten Umweltbelastungen auf.



**Abbildung 39: Umweltbelastung von Süßgetränkeverpackungen pro 1L Süßgetränk ab Ausschank**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

Dieses Ergebnis wird für die meisten Varianten durch die anderen Bewertungsmethoden bestätigt (Abbildung 40) mit Ausnahme des PLA-Bechers, welcher bei Eco-Indicator 99 und ReCiPe wesentlich besser abschneidet als bei UBP W 06 und UBP 13. Der Grund liegt darin, dass Eco-Indicator 99 und ReCiPe einerseits fossile Ressourcen stärker gewichten als UBP W 06 und UBP 13, und andererseits landwirtschaftliche Emissionen ins Wasser und Boden wenig ins Gewicht fallen. Insbesondere werden Nitratemissionen ins Grundwasser sowie die terrestrische Eutrophierung nicht berücksichtigt.



**Abbildung 40: Relative Umweltbelastung verschiedener Bewertungsmethoden Süßgetränkeverpackungen pro 1L Süßgetränk ab Ausschank**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit

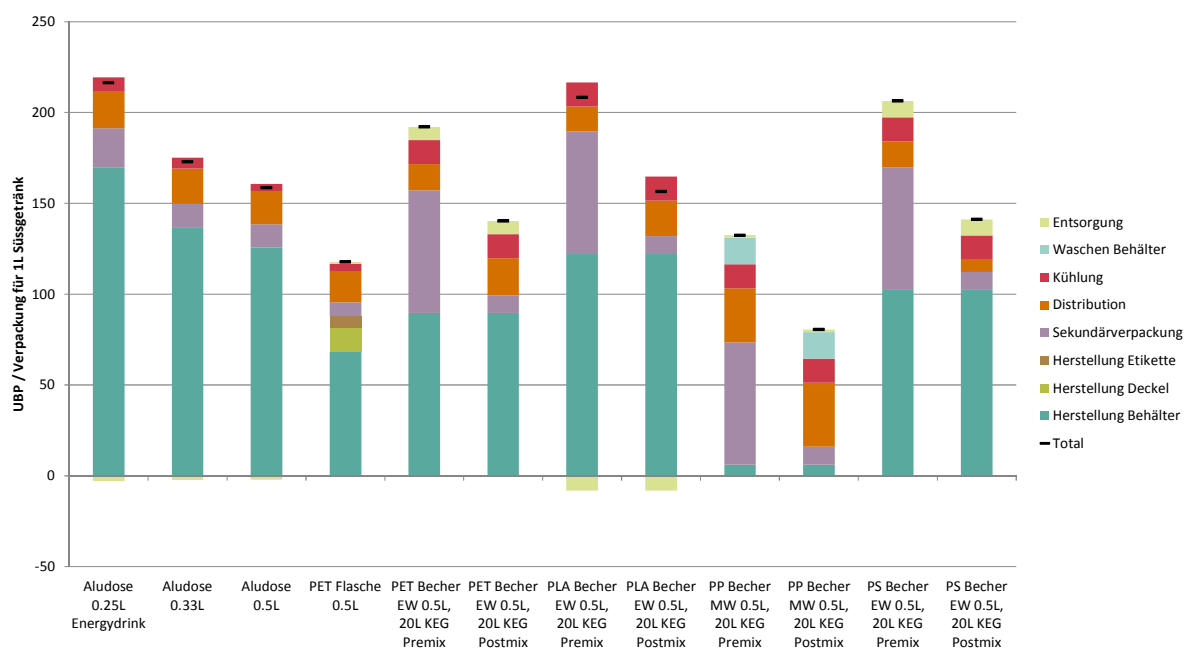
## Gründe

Eine genauere Analyse der Umweltbelastung ist in Abbildung 41 dargestellt. Der Offenausschank aus dem 20 L Fass (keg), Postmix gehört grundsätzlich zu den umweltfreundlichen Varianten, insbesondere wenn dazu ein Mehrwegbecher verwendet wird. Der Grund liegt darin, dass das Wasser erst beim Ausschank ungefähr im Verhältnis von 6:1 zum Sirup hinzugefügt wird. Das heißt, dass pro Liter Süssgetränk 6/7 weniger Stahltank und weniger Wasser transportiert werden muss, was die Umweltbilanz entscheidend verbessert. Kombiniert mit dem Mehrwegbecher, bei welchem dank der Wiederverwendung Material eingespart werden kann, ergibt dies die umweltfreundlichste Variante. Daran ändert auch nichts, dass die Becher für den Waschprozess nochmals transportiert werden müssen.

Der PET-Becher Postmix weist eine gleich hohe Umweltbelastung auf wie die PET-Flasche, obwohl er nur halb so schwer ist. Dies ist damit zu begründen, dass der PET-Becher aus 100 % neuem PET hergestellt wird und zu 100 % in einer KVA entsorgt wird, während die PET-Flasche 35 % Rezyklat PET enthält und zu 80 % recycelt wird. Falls der PET-Becher recycelt würde, könnte die Umweltbelastung reduziert werden.

Aludosen sind zwar leichter als eine entsprechende PET-Flasche und weisen ebenfalls hohe Recyclingquoten von über 90 % auf. Trotzdem weist die Herstellung der Aludosen nach Abzug der Gutschrift fürs Recycling (siehe dazu auch Kapitel 3.8.2) noch höhere Umweltbelastungen auf als die umweltfreundlichsten Varianten ab Ausschank.

Die Durchlaufkühlung weist eine etwa doppelt so hohe Umweltbelastung auf wie die Kühlung der anderen Verpackungen im Kühlschrank, insgesamt ist dies jedoch von geringer Relevanz.



**Abbildung 41: Umweltbelastung von Süssgetränkeverpackungen pro 1L Süssgetränk ab Ausschank**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Herstellung Behälter beinhaltet allfällige Gutschriften fürs Recycling (Aludose: 91 % Recyclingquote, PET-Flasche: 80 % Recyclingquote, Stahltank (KEG): 210 Nutzungen). Entsorgung beinhaltet allfällige Gutschriften für die Bereitstellung von Wärme und Strom (PET-, PLA-, PP- und PS Becher: 0 % Recyclingquote und 100 % Verbrennung in einer KVA. Für Erläuterungen zur Abbildung 41 siehe Abschnitt „Gründe“ auf Seite 92.

Zu beachten ist, dass der Stahlbehälter, inklusive Waschen bei den Premix und Postmixvarianten, in dieser Grafik unter Sekundärverpackung aufgelistet ist.

## 5.7 Wein

Für die Getränkegruppe Wein wurden folgende Getränkeverpackungen untersucht:

- Bag-in-Box 5 L (0 % Recyclingquote für PE-Bag, 82 % Recyclingquote für Karton-Box)
- Getränkekarton 1.0 L (0 % Recyclingquote)
- Glasflasche Einweg (EW) 0.5 L, CH (96 % Recyclingquote)
- Glasflasche EW 0.75 L, CH (96 % Recyclingquote)
- Glasflasche EW 0.75 L, EU (96 % Recyclingquote)
- Glasflasche EW 0.75 L, Übersee (96 % Recyclingquote)
- Glasflasche MW 0.75 L, CH (4 Nutzungen)

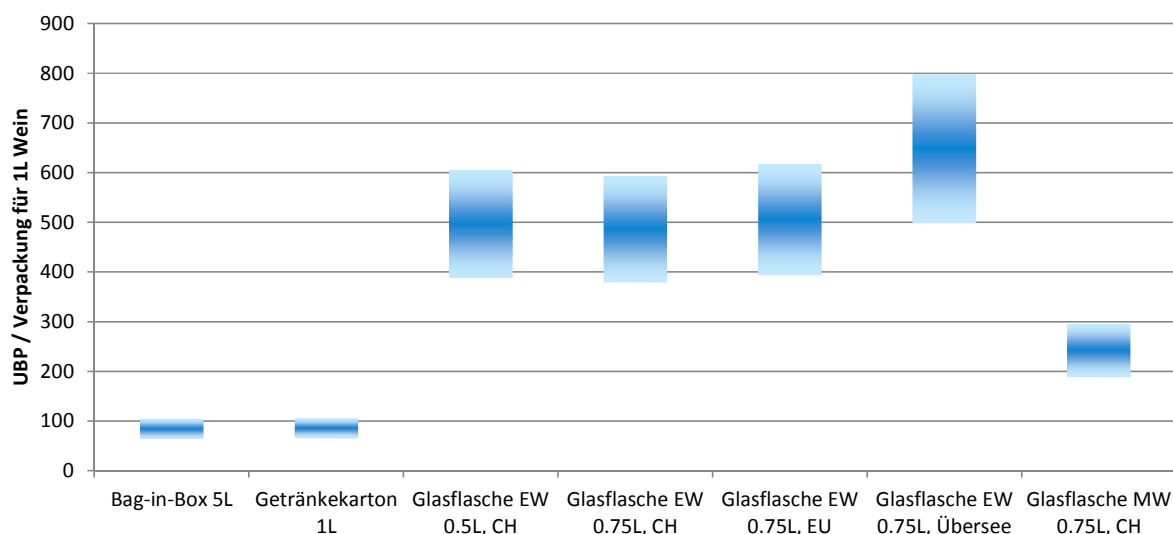
Es wurden alle verpackungsrelevanten Prozesse von der Bereitstellung der Rohstoffe über die Herstellung und Transport der Verpackung bis hin zur Entsorgung der Verpackung mitberücksichtigt. Im Normalfall nicht berücksichtigt wurden der Transport des Inhalts selber (wohl aber die Tatsache, dass je nach Verpackungstyp ein LKW mehr oder weniger Getränkevolumen transportieren kann), ein allfälliger Heimtransport des Kunden sowie das Nutzungsverhalten des Kunden. Details zur Systemgrenze, Vorgehen und Datengrundlage können dem Methodenbericht Kapitel 1 bis 4 entnommen werden.

### 5.7.1 Konsum zuhause

#### Übersicht

Für den Konsum von Wein zuhause ergeben sich folgende Resultate (Abbildung 42) unter der Annahme, dass bei allen Verpackungen keine respektive gleich hohe Verluste des Inhaltes anfallen:

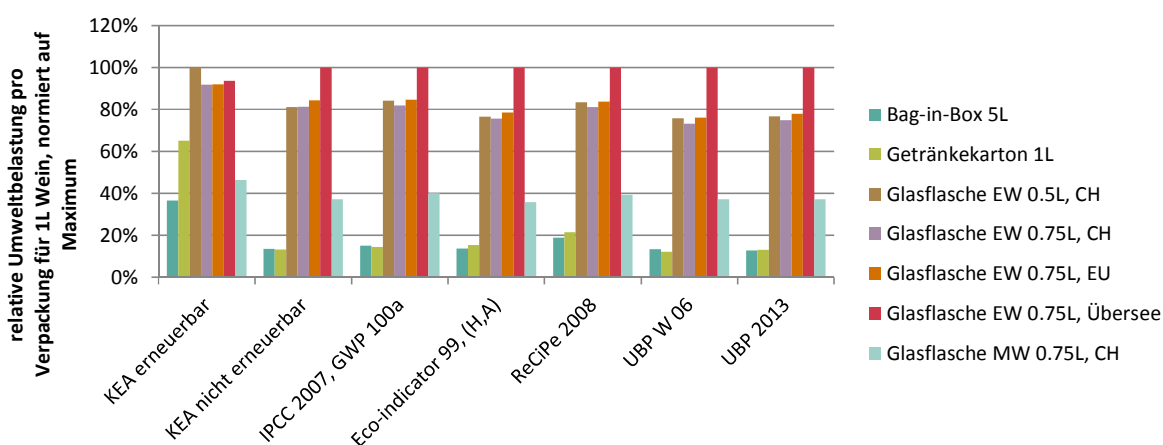
- Der 1 L Getränkekarton sowie das 5 L Bag-in-Box System schneiden signifikant am besten ab.
- Die EW-Glasflaschen weisen im Vergleich zum Getränkekarton oder Bag-in-Box signifikant höhere Umweltbelastungen auf.
- Die MW-Glasflasche weist im Vergleich zu den EW-Glasflaschen eine signifikant tiefere Umweltbelastung auf. Im Vergleich zu den umweltfreundlichsten Alternativen hat sie jedoch auch eine signifikant höhere Umweltbelastung.



**Abbildung 42: Umweltbelastung von Weinverpackungen pro 1L Wein zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

Dieses Ergebnis wird durch die anderen Bewertungsmethoden bestätigt (Abbildung 43).



**Abbildung 43: Relative Umweltbelastung verschiedener Bewertungsmethoden von Weinverpackungen pro 1L Wein zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit

### Gründe

Eine detailliertere Analyse der Umweltbelastung ist in Abbildung 44 dargestellt. Die unterschiedlich hohen Umweltbelastungen sind vor allem auf die Herstellung der Primärverpackung (Behälter) zurückzuführen. Dabei erweist sich das hohe Gewicht der EW-Glasflaschen<sup>20</sup> als deutlicher Nachteil, da die Glasherstellung trotz hohem Rezyklatanteil relativ energieintensiv ist. Interessanterweise wird bei der 0.75 L Flasche pro Liter Inhalt mehr Glas eingesetzt als bei der 0.5 L Flasche. Der Glasherstellungsanteil kann bei den MW-Glasflaschen dank der mehrmaligen Wiederbefüllung merklich reduziert werden, so dass trotz dem Rück-

<sup>20</sup> Pro Liter Inhalt werden für die 0.5 L Flasche 520 g und für die 0.75 L Flasche 613 g Glas benötigt.

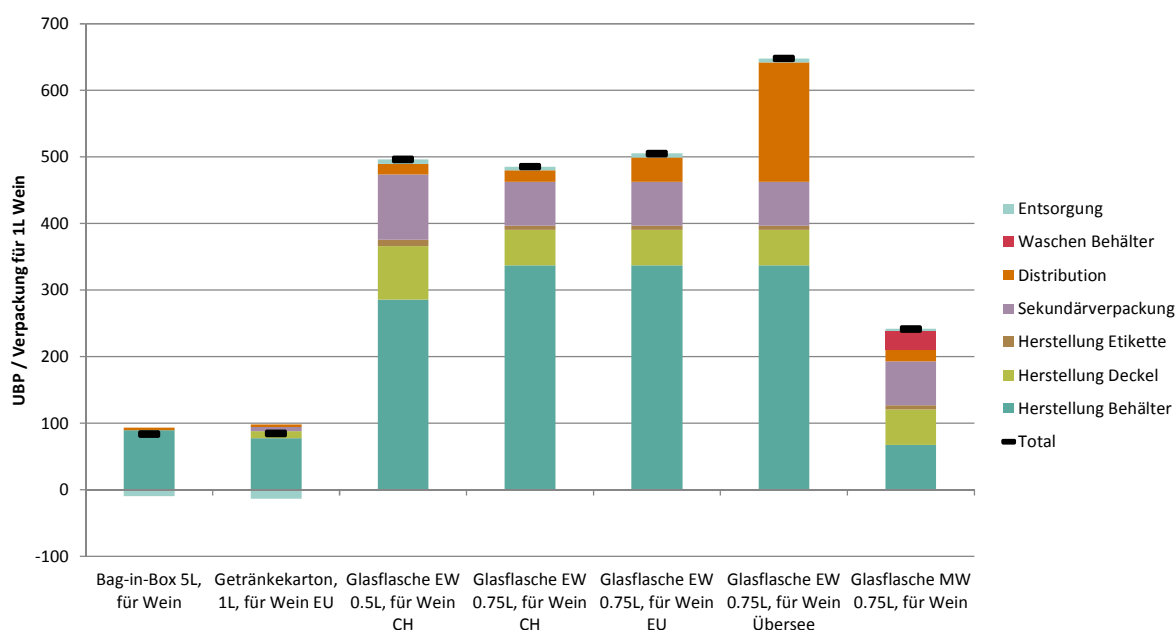
transport und Auswaschen die MW-Glasflasche deutlich umweltfreundlicher ist als die EW-Glasflaschen. Hinzu kommt bei den Glasflaschen eine relativ schwere Sekundärverpackung (Weinkartons) mit umgerechnet 70 g Karton pro Liter Inhalt sowie der Korken (in diesem Fall aus Kunststoff).

Demgegenüber weist der 1.0 L Getränkekarton pro Liter Inhalt 34.5 g Getränkekarton sowie 4.2 g Deckel (PE) auf. Der 1.0 L Getränkekarton gehört unter anderem dank des geringen Materialeinsatzes zu den umweltfreundlichsten Verpackungsvarianten von Wein trotz der Tatsache, dass Getränkekartons nicht recycelt werden (0 % Recyclingquote).

Ebenfalls deutlich besser als die Weinflaschen ist das Bag-in-Box System. Beide bestehen zwar aus ähnlichen Materialien (im Wesentlichen Karton und Kunststoff), und benötigen ähnlich viel Material pro Liter Inhalt.

Die Transportdistanzen spielen innerhalb von Europa eine untergeordnete Rolle. Erst wenn der Wein aus Übersee mit dem Schiff transportiert wird, wirkt sich das auch auf den verpackungsbedingten Transportanteil aus.

Wenig relevant fürs Ergebnis sind die Etiketten.



**Abbildung 44: Umweltbelastung von Weinverpackungen pro 1L Wein zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit. Herstellung Behälter beinhaltet allfällige Gutschriften fürs Recycling (Karton von Bag-in-Box: 82 % Recyclingquote, Glasflasche EW: 96 % Recyclingquote, Glasflasche MW: 4 Nutzungen und 96 % Recyclingquote). Entsorgung beinhaltet allfällige Gutschriften für die Bereitstellung von Wärme und Strom (PE-Beutel von Bag-in Box und Getränkekarton: 0 % Recyclingquote und 100 % Verbrennung in einer KVA). Für Erläuterungen zur Abbildung 44 siehe Abschnitt „Gründe“ auf Seiten 94/95.

## 5.8 Vergleich von Becher und Gläser im Offenausschank

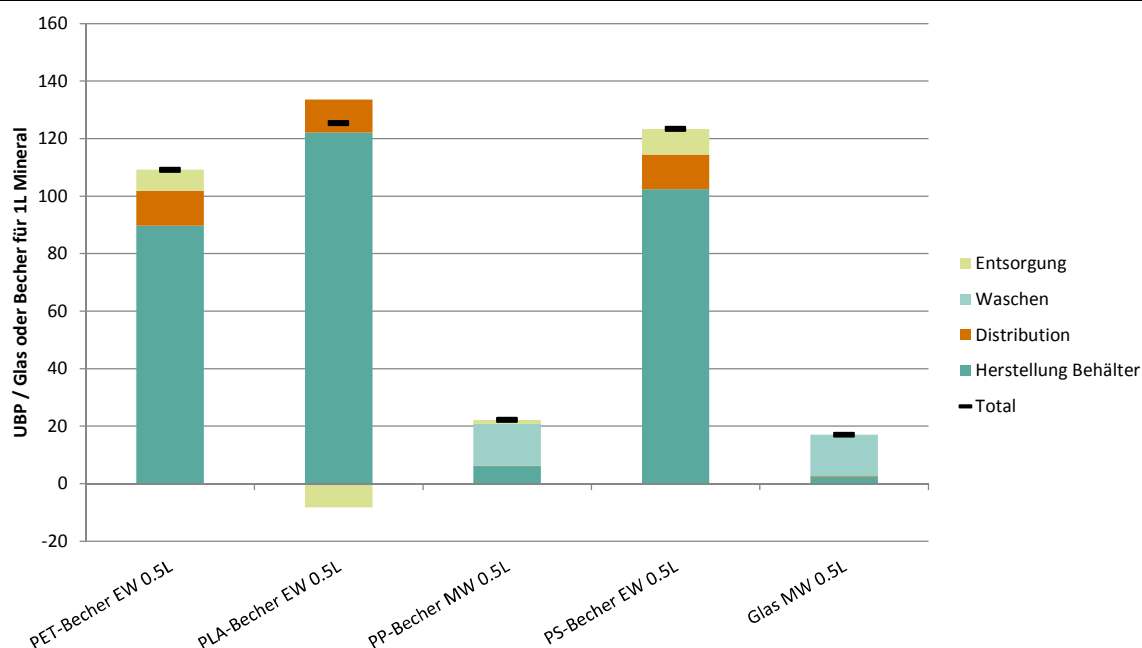
Kapitel 5.6.3 hat gezeigt, dass vor allem die Wahl Premix oder Postmix entscheidend ist. Falls das Ausschanksystem gegeben ist, z. B. in einer Kantine, können auch nur die Becher verglichen werden. Auf Wunsch des BAFU wurde deshalb in diesem Szenario zusätzlich untersucht, welcher Behälter für den Offenausschank insbesondere in einer Kantine am umweltfreundlichsten ist. Dabei wurden folgende Behältervarianten untersucht:

- Einwegbecher PET 0.5 L
- Einwegbecher PLA 0.5 L
- Einwegbecher PS 0.5 L
- Mehrwegbecher PP 0.5 L
- Glas 0.5 L

Es wurden alle relevanten Prozesse von der Bereitstellung der Rohstoffe über die Herstellung und Transport der Behälter bis hin zur Entsorgung mitberücksichtigt. Nicht berücksichtigt wurden die Herstellung und Transport des Getränks, Details zur Systemgrenze, Vorgehen und Datengrundlage können dem Methodenbericht Kapitel 1 bis 4 entnommen werden.

Für den Konsum von 1L Getränk in einer Kantine ergeben sich für die Becherfrage folgende Resultate (Abbildung 45):

- Das Glas sowie der Mehrwegbecher schneiden deutlich besser ab als die Einwegbechervarianten, aufgrund der durch die Wiederverwendung eingesparten Ressourcen. Dabei spielt der Waschprozess eine untergeordnete Rolle.
- Das Glas schneidet im Vergleich zum Mehrwegbecher aus PP tendenziell besser ab, da von einer höheren Anzahl Nutzungen ausgegangen werden kann und somit weniger Ressourcen benötigt werden und andererseits für beide der gleiche Waschvorgang in der Kantine stattfindet.



**Abbildung 45: Umweltbelastung von Bechervarianten pro 1L Getränk**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit. Herstellung Behälter beinhaltet allfällige Gutschriften fürs Recycling. Entsorgung beinhaltet allfällige Gutschriften für die Bereitstellung von Wärme und Strom.



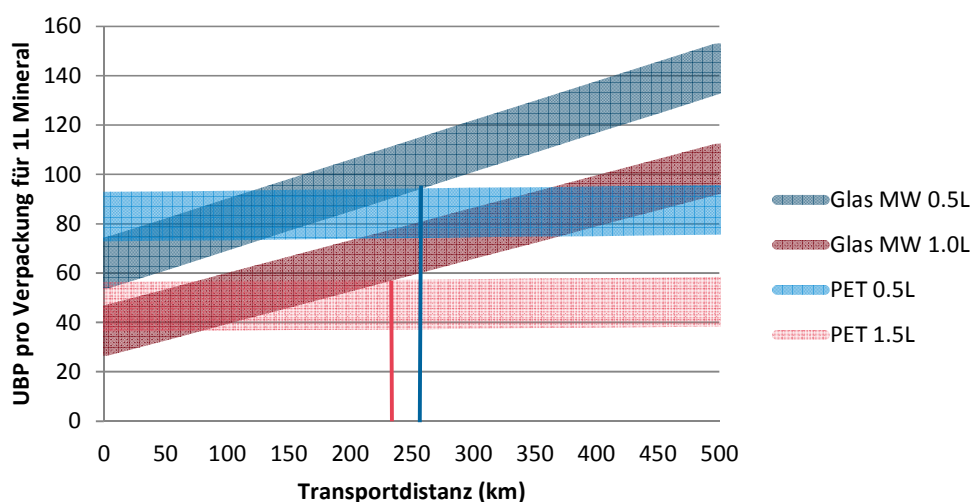
## 5.9 Variantenanalysen

### 5.9.1 Relevanz der Transportdistanz bei MW-Glasflaschen und PET-Flaschen

In diesem Szenario wurde untersucht, wie sich die Resultate verändern, wenn sich die Transportdistanz zwischen Abfüller und Verkaufspunkt ändert. Für diesen Vergleich wurde der Transport des Wassers nicht berücksichtigt, wohl aber die Tatsache, dass je nach Verpackungstyp ein LKW mehr oder weniger Getränkavolumen transportieren kann. Ebenfalls nicht berücksichtigt wurde der Heimtransport. Somit sind die absoluten Werte der Abbildung 46 nicht direkt vergleichbar mit den Werten von Abbildung 33. Zudem sind in diesem Beispiel die Unsicherheiten kleiner, da die Abhängigkeit von der Distanz und die damit verbundenen Emissionsänderungen bei beiden gleich ist und sich diese Unsicherheit des Transportes herausstreicht. Da die PET-Flaschen relativ leicht sind, führt eine grössere Transportdistanz nur unwesentlich zu einer höheren Umweltbelastung (siehe waagrechte Balken in Abbildung 46). Dagegen führt bei den Glasflaschen, aufgrund des relativ hohen Gewichtes, eine grössere Transportdistanz zu einer wesentlich höheren Umweltbelastung (siehe steigende Balken in Abbildung 46).

Der Vergleich der beiden 0.5 L Flaschen zeigt, dass beide Flaschen bis zu einer Distanz von rund 250 km ähnliche Umweltbelastungen aufweisen. Ab 250 km ist die PET-Flasche aus Sicht der Ökologie klar im Vorteil. Wenn die beiden grossen Volumen verglichen werden, wird deutlich, dass beide Flaschen bis rund 230 km ähnliche Umweltbelastungen aufweisen. Ab 230 km ist die PET-Flasche aus Sicht der Ökologie klar im Vorteil.

Die mittleren Auslieferdistanzen für Auslieferungen innerhalb der Schweiz liegen bei 150 bis 160 km, mit Ausnahme von Mineralwasser mit 230 km. Für Auslieferungen innerhalb der Schweiz ist die Frage ob MW-Glasflasche oder PET-Flasche somit hinfällig, wenn die Unsicherheiten der Berechnungen berücksichtigt werden.



**Abbildung 46: Umweltbelastung von Mineralwasserverpackungen pro 1L Mineralwasser in Abhängigkeit der Transportdistanz**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Rote senkrechte Linie (Gültig für Glas MW 1.0 L und PET 1.5 L): Ab dieser Transportdistanz schneidet die Glasverpackung aus Umweltsicht ungünstiger ab. Blaue senkrechte Linie (Gültig für Glas MW 0.5 L und PET 0.5 L): Ab dieser Transportdistanz schneidet die Glasverpackung aus Umweltsicht ungünstiger ab. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

## 5.9.2 Relevanz des Transportes im Vergleich zur Herstellung

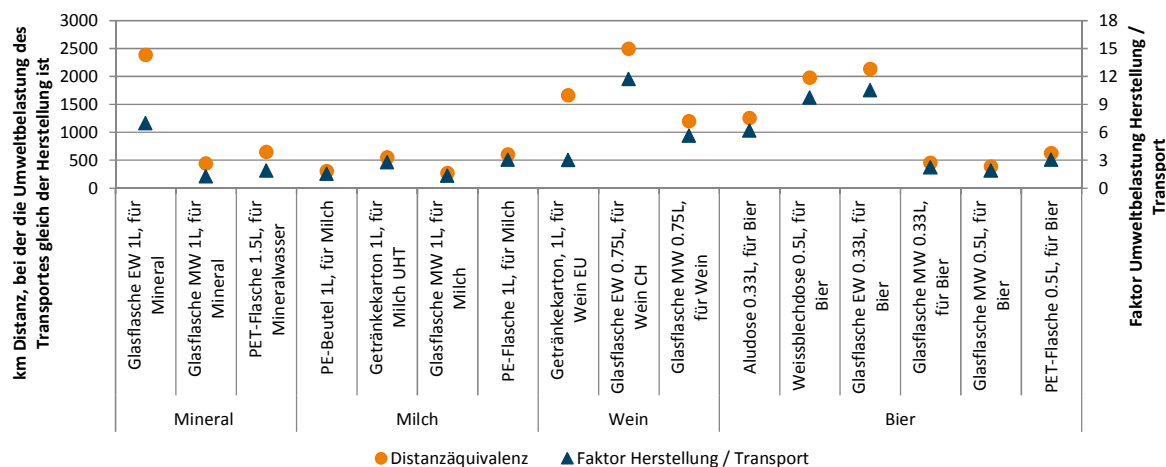
Ab welcher Distanz entspricht die Umweltbelastung des Transportes (inklusive Getränk) der verpackungsbedingten Herstellung? Diese Frage wird in Abbildung 47 beantwortet. Die möglichen Transportdistanzen variieren von 270 km für die MW-Glasflasche bis zu 2'500 km für EW-Glasflaschen.

Dabei weisen die Verpackungen folgende Faktoren auf:

- MW-Glasflaschen haben einen Transportfaktor (mögliche Distanz / reale Distanz) von 1 bis 2, mit Ausnahme der MW-Weinflasche mit einem Faktor von 5.6.
- EW-Glasflaschen haben einen Transportfaktor (mögliche Distanz / reale Distanz) von 7 bis 11.
- PET- und PE-Flaschen haben einen Transportfaktor (mögliche Distanz / reale Distanz) von 2 bis 3.
- Getränkekartons haben einen Transportfaktor (mögliche Distanz / reale Distanz) um 3.
- Dosen haben einen Transportfaktor (mögliche Distanz / reale Distanz) von 7 bis 11.

Eine leichte Verpackung mit aufwändiger Herstellung kann grundsätzlich über eine weite Distanz transportiert werden bis die Umweltbelastung des Transportes der Herstellung der Verpackung entspricht. Demgegenüber steht eine schwere Verpackung mit wenig aufwändiger Herstellung. Diese kann über weniger weite Distanzen transportiert werden bis die Umweltbelastung des Transportes der Herstellung entspricht.

Es wird deutlich, dass für alle Verpackungen für Transporte innerhalb der Schweiz die Umweltbelastung tiefer liegt als die der Herstellung. Für Transporte quer durch Europa liegt die Umweltbelastung bei PET-Flaschen, PE-Beutel, MW-Glasflaschen und Getränkekartons höher als die der Herstellung der Verpackung.

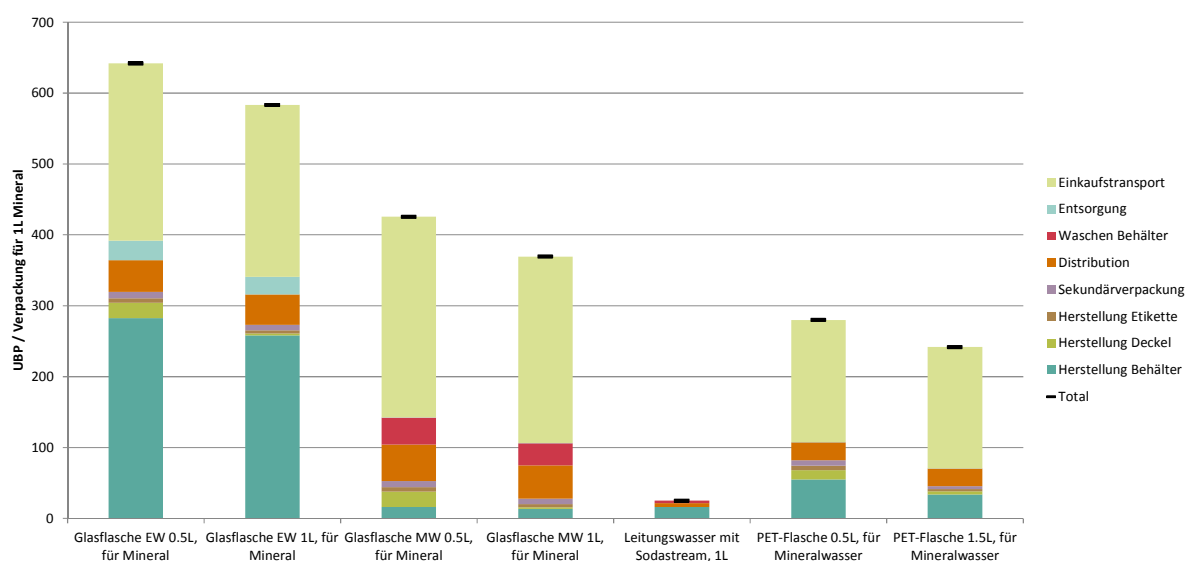


**Abbildung 47: Umweltbelastung (UBP 13) von verpackungsbedingten Transporten im Vergleich zur verpackungsbedingten Herstellung für ausgewählte Beispiele**

Lesebeispiel für die EW-Glasflasche 1L für Mineral: Bei einer Transportdistanz von 2'400 km (Distanzäquivalenz) entspricht die Umweltbelastung des Transportes (Verpackung und Inhalt) derjenigen der Verpackungsherstellung. Die Umweltbelastung der Verpackungsherstellung ist rund 7-mal höher als die Umweltbelastung des effektiven Ausliefertransportes (Faktor Herstellung / Transport).

### 5.9.3 Relevanz des Heimtransportes

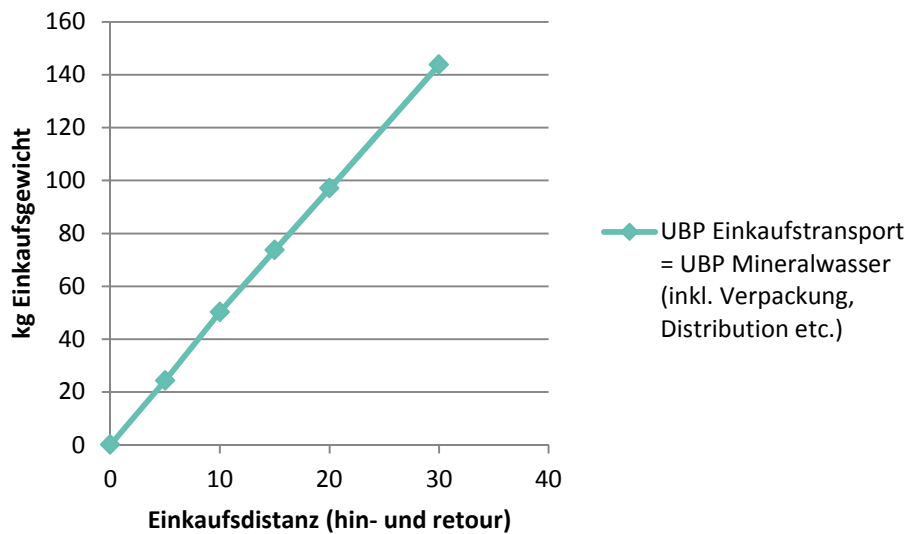
Der Heimtransport der Einkäufe im Laden wurde mit 10 km Einkaufsweg (hin- und retour) mittels PKW und einem Einkaufsgewicht von rund 20 kg berechnet. Dabei wurde die Umweltbelastung der Autofahrt über das Gewicht der Einkäufe alloziert. Dies mit der Überlegung, dass je schwerer der Einkauf ist, je eher das Auto als Transportmittel verwendet wird. Folgende Abbildung 48 zeigt die Umweltbelastung des Heimtransportes im Vergleich zur Verpackung und Transport des Inhaltes, am Beispiel von Mineralwasser. Es wird deutlich, dass der Einkaufstransport in etwa gleich viel Umweltbelastung generiert wie sämtliche andere Prozesse. Je nach Einkaufsmenge und Einkaufsweg kann dieser Anteil jedoch deutlich schwanken. Bei einer Einkaufsmenge von z. B. 40 kg und einem Einkaufsweg von 5 km wäre der Beitrag des Einkaufstransportes vier Mal geringer als in der Abbildung 48 dargestellt.



**Abbildung 48: Umweltbelastung von 1L Mineralwasser, inklusive Einkaufstransport**

ÜBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013.

Wie Abbildung 49 verdeutlicht, ist die Umweltbelastung des Einkaufes pro 1 L Mineralwasser sehr schnell höher als die des eingekauften Mineralwassers selber. Entspricht die Einkaufsdistanz 10 km (=5 km hin und 5 km retour), müssen mindestens 50 kg eingekauft werden, damit die Umweltbelastung des Einkaufes nicht höher ist als die der Herstellung, falls das Mineralwasser in PET-Flaschen oder MW-Glasflaschen verpackt ist.



**Abbildung 49: Umweltbelastung des Einkaufstransportes in Abhängigkeit des Einkaufsgewichtes und der Einkaufsdistanz im Vergleich der Umweltbelastung von Mineralwasser in 1.5L PET-Flaschen**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013.

Lesebeispiel: Bei einem Einkaufsgewicht von 100kg und einer Einkaufsdistanz von 20km entspricht die Umweltbelastung des Einkaufstransportes pro 1L Mineralwasser genau der Umweltbelastung der Herstellung des Mineralwassers in einer 1.5L PET-Flasche (inklusive Verpackung und Distribution).

## 5.9.4 Relevanz der Umweltbeanspruchung von Verpackung und Inhalt

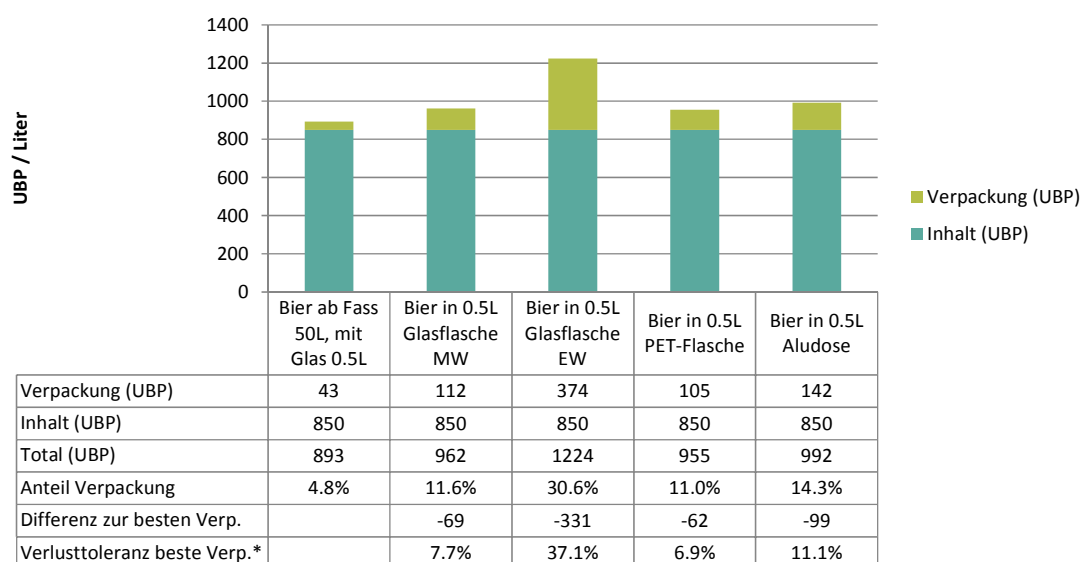
Die Umweltbelastung von verschiedenen Getränkeverpackungen desselben Getränketyps kann unterschiedlich hoch ausfallen. Nicht berücksichtigt wurden dabei allfällige Verluste beim Abfüllen oder aufgrund verpackungsbedingter Ursachen (unterschiedliche Schutzqualität, Stabilität etc.). Um die Relevanz dieses Aspektes besser zu verstehen, wurde für die drei Getränke Bier, Milch und Wein die Getränkeherstellung mit der Getränkeverpackung ins Verhältnis gesetzt.

### 5.9.4.1 Beispiel Bier

Gemäss dem Kapitel 5.1.3 ist das 50 L Fass (keg) die ökologischste Verpackungsvariante. Im Folgenden wird aufgezeigt, wie hoch die Verlustrate beim Ausschank sein dürfte bis die Umweltbelastung gleich hoch wird wie bei den anderen berücksichtigten Verpackungsvarianten.

#### Vergleich Bier ab Fass mit übrigen Bierverpackungen

- Angenommen, bei der Glasflasche, der PET-Flasche und der Aludose gäbe es 0 % Verluste, so dürfte die Bierverlustrate beim keg System 8 % respektive 7 % oder 11 % sein, damit die Umweltbelastung von Inhalt und Verpackung zusammen nicht grösser ist als bei der MW-Glasflasche, PET-Flasche oder Aludose. Dies entspricht einer Bierrestmenge von 3.9 Liter respektive 3.5 Liter oder 5.6 Liter. Im Vergleich zur EW-Glasflasche dürfte die Verlustrate 37 % (18.6 L) sein.
- Sowohl beim Anzapfen wie auch zum Schluss entsteht beim Ausschank je nach Zapfsystem mehr oder weniger Schaum. Grundsätzlich kann ein Fass (keg) nie ganz geleert werden. V. a. in Ausschankspitzenzeiten kommt es immer wieder vor, dass einige Liter Restbier übrigbleiben. Die Ausschankverluste können 3 % bis zu 10 % betragen (Gastgewerbe-Magazin 2004). Im Vergleich zur MW-Glasflasche oder PET-Flasche muss somit Bier ab Fass nicht mehr die umweltfreundlichere Variante darstellen. MW-Glasflaschen und PET-Flaschen können eine ebenso sinnvolle Alternative darstellen.



**Abbildung 50: Umweltbelastung von Bierverpackung und Bierherstellung**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013.

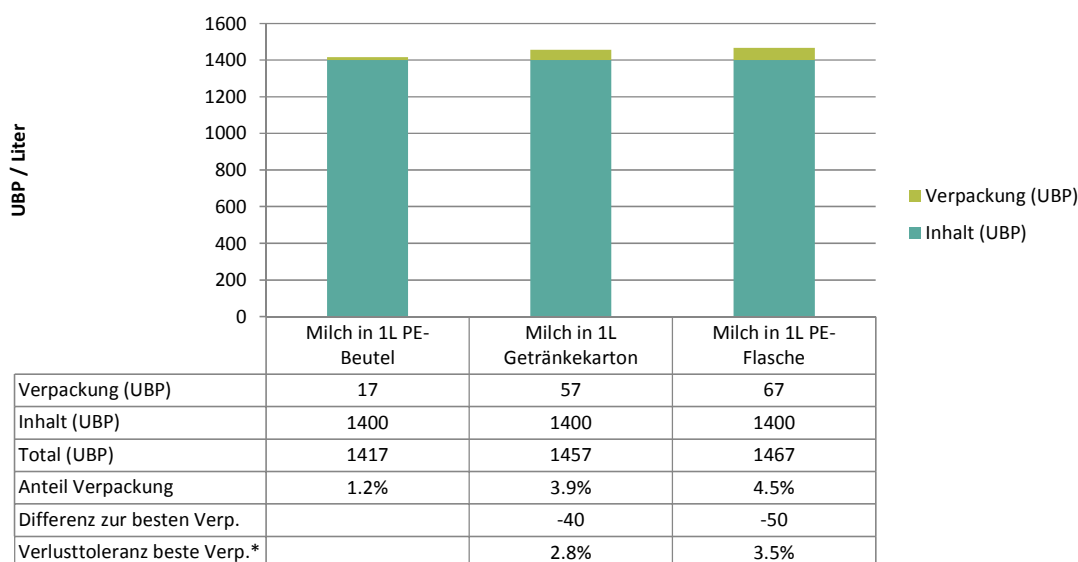
\* Mit dieser Verlustrate der besten Verpackungsvariante würde die Umweltbelastung der Vergleichsprodukte gleich sein

### 5.9.4.2 Beispiel Milch

Gemäss Kapitel 5.4.1 ist der Milchbeutel aus PE die ökologischste Verpackungsvariante. Im Folgenden wird aufgezeigt, wie hoch die Verlustrate sein dürfte, bis die Umweltbelastung gleich hoch wird wie bei den anderen berücksichtigten Verpackungsvarianten.

#### Vergleich PE-Beutel mit Getränkekarton und PE-Flasche

- Die eigentlichen Verluste beim Beutel sind nicht bekannt. Aufgrund der geringeren Stabilität und Schutz Eigenschaft dürften die Verluste während des Transports und Lagerung höher ausfallen als beim Getränkekarton oder der PE-Flasche.
- Restmengen dürften aufgrund der Formeigenschaften der Öffnungen ähnlich gering sein.
- Die Verlustrate darf beim PE-Beutel nicht mehr als 2.8 % respektive 3.5 % höher sein als die von Getränkekarton oder PE-Flasche.
- Unter Berücksichtigung allfälliger Verluste kann aufgrund mangelnder Daten nicht definitiv gesagt werden, dass der Beutel wirklich die umweltfreundlichere Verpackung ist als der Getränkekarton oder die PE-Flasche.



**Abbildung 51: Umweltbelastung von Milchverpackung und -herstellung**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit.

\* Mit dieser Verlustrate der besten Verpackungsvariante würde die Umweltbelastung der Vergleichsprodukte gleich sein

### 5.9.4.3 Beispiel Wein

Gemäss Kapitel 5.7.1 sind der Getränkekarton und das Bag-in-Box System die ökologischsten Verpackungsvarianten. Im Folgenden wird aufgezeigt, wie hoch die Verlustrate sein dürfte bis die Umweltbelastungen gleich hoch werden wie bei den anderen berücksichtigten Verpackungsvarianten.

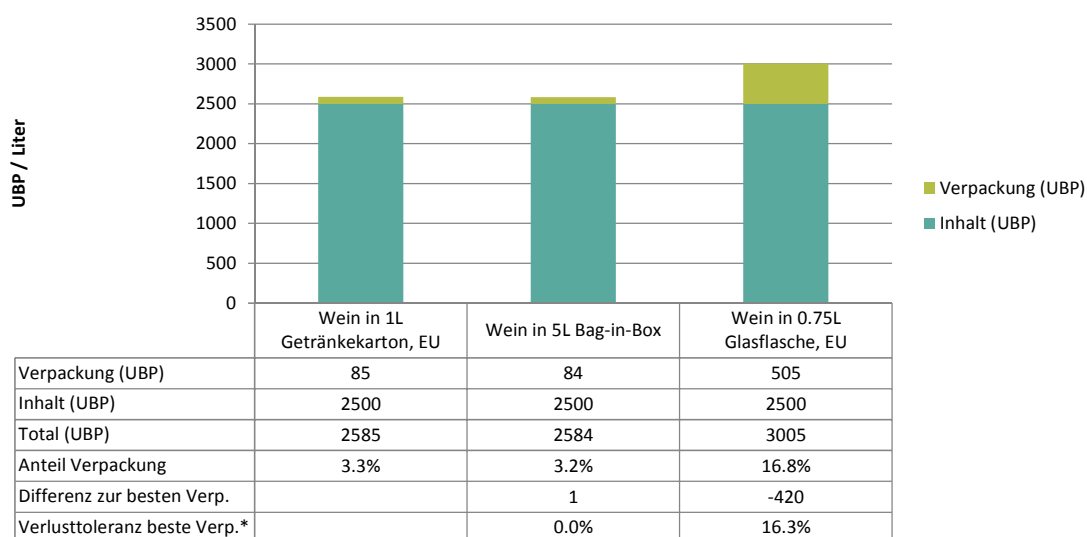
#### Vergleich Weinflasche mit Getränkekarton

- Bei Weinflaschen mit echten Korkzapfen kann von einem Verlust von 2 % ausgegangen werden (Dinkel et al. 2009).
- Angenommen, bei der Weinflasche gäbe es 0 % Verluste, so dürfte die Weinverlustrate beim Getränkekarton (und Bag-in-Box) rund 16 % sein, damit die Umweltbelastung von Inhalt und Verpackung zusammen nicht grösser ist als für die Variante Weinflasche.

- Restmengen nach Trinkgenuss dürften bei beiden Verpackungen gleich hoch ausfallen und sind eher vom Nutzerverhalten abhängig (geschätzte 2 cl Restsatz).
- Bei trinkbarem Wein kann davon ausgegangen werden, dass die Verluste (Abfüllung, Transport, Aufbewahrung, Konsum) beim Getränkekarton mit grosser Wahrscheinlichkeit unter 4 % liegen (< 2% für Abfüllung, Transport, Aufbewahrung und ca. 2 % Restmenge (worst case)). Somit ist auch mit Berücksichtigung allfälliger Verluste damit zu rechnen, dass der Getränkekarton und das Bag-in-Box System (<7 %, siehe Absatz unten) die umweltfreundlicheren Verpackungen sind als die Weinflasche.
- Bei lagerfähigem Wein ist dieser Vergleich nicht zulässig, da hier keine Alternative zur Weinflasche besteht.

### Vergleich Getränkekarton mit Bag-in-Box

- Wird der Getränkekarton mit dem Bag-in-Box System verglichen, darf der Verlust beim Getränkekarton nicht höher sein als 0.9 %.
- Aus eigener Erfahrung kann gesagt werden, dass beim Bag-in-Box nach Gebrauch 2-3 dl im Beutel übrigbleiben, die erst genutzt werden können, wenn man die Kartonschachtel öffnet und den Beutel von Hand auspresst. Wenn dies nicht gemacht wird, ist bei 5 L Inhalt somit mit 5 % Weinverlust zu rechnen. Demgegenüber ist die Restmenge im Getränkekarton deutlich geringer. Bei geschätzten 2 cl wären dies 2 % Verlust des Inhalts.
- Ob der Getränkekarton die umweltfreundlichere Verpackung ist als das Bag-in-Box System, hängt somit vor allem vom Benutzerverhalten ab.



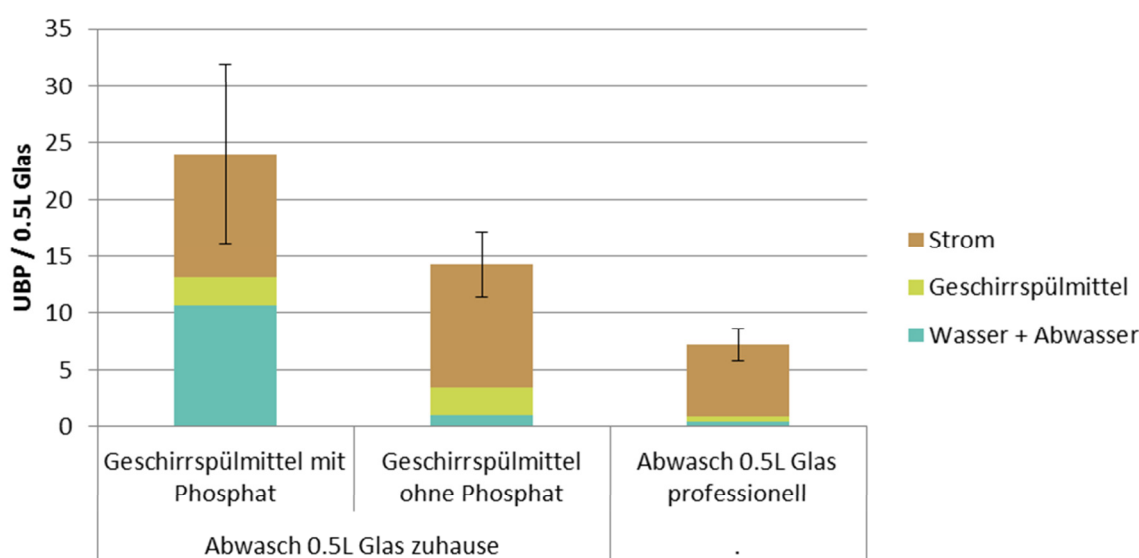
**Abbildung 52: Umweltbelastung von Weinverpackung und Weinherstellung**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit.

\* Mit dieser Verlustrate der besten Verpackungsvariante würde die Umweltbelastung der Vergleichsprodukte gleich sein.

## 5.9.6 Vergleich von Abwaschen privat und professionell

Abbildung 53 zeigt, dass der Abwasch mit einer professionellen Geschirrspülmaschine eine signifikant tiefere Umweltbelastung aufweist, aufgrund des Geschirrspülmittels und des geringeren Strombedarfs. Im professionellen Abwasch wird mit Natronlauge gereinigt. Bei Geschirrspülmaschinen in privaten Haushalten werden hauptsächlich phosphathaltige Geschirrspülmittel verwendet. Rund 90 % der Phosphate werden in den Kläranlagen zurückgehalten. Ungefähr ein Zehntel gelangt jedoch in die Flüsse und Seen. Dieser Phosphateintrag in die Gewässer macht einen grossen Teil der Umweltbelastung des Geschirrspülmittels aus. Es gibt mittlerweile auch phosphatfreie Geschirrspülmittel. Deren Verwendung bewirkt eine beachtliche Verbesserung der Umweltbilanz des privaten Abwasches. Aber auch mit der Verwendung von phosphatfreien Geschirrspülmittel schneidet der private Abwasch schlechter ab als der professionelle, hauptsächlich aufgrund des höheren Strombedarfs.



**Abbildung 53: Umweltbelastung von Abwasch zuhause und professionell**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.



## 5.9.8 Getränkekartons mit 70% Sammelquote

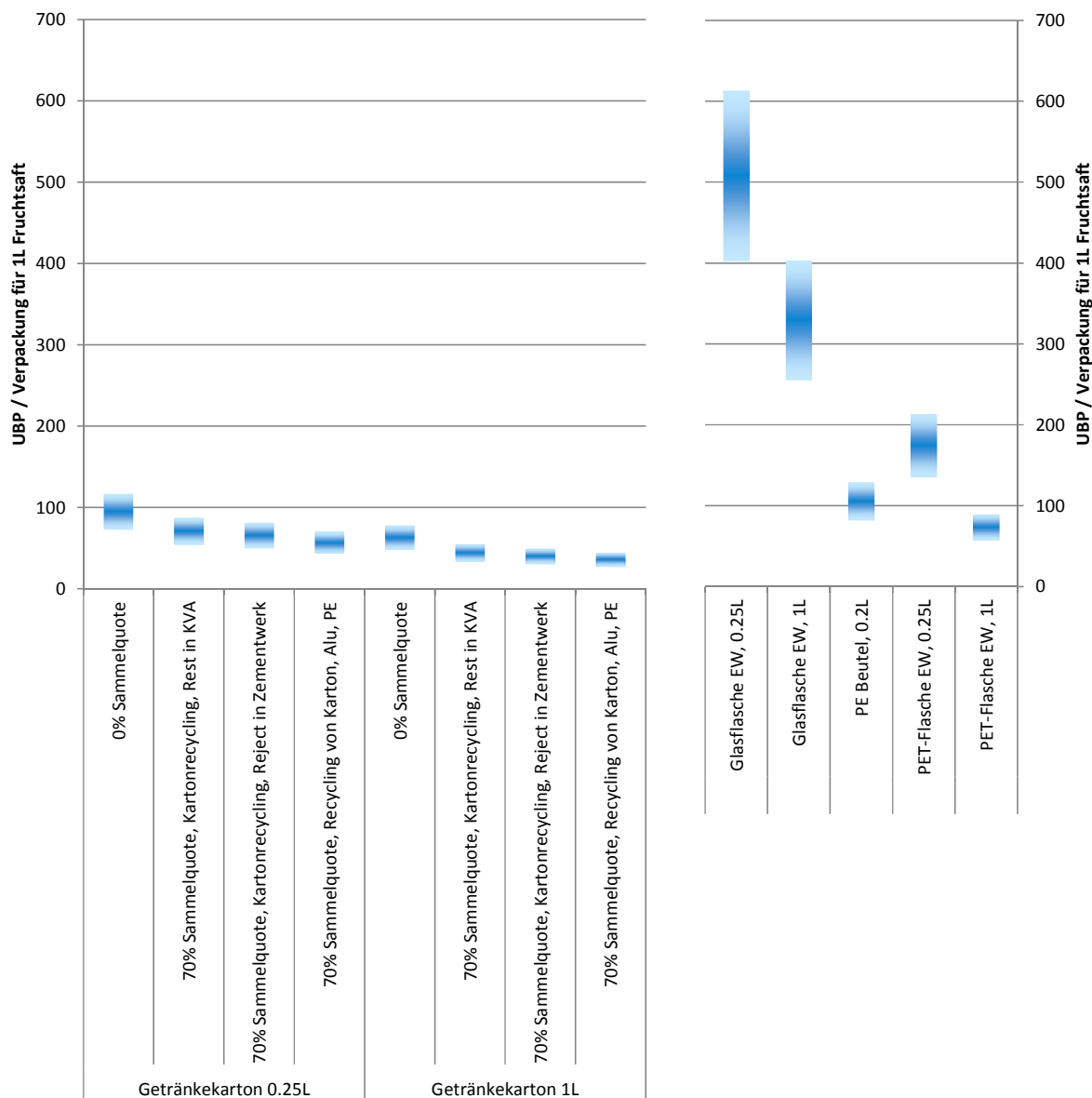
Grundsätzlich wirkt sich das Getränkekartonrecycling mit einer Verringerung der Umweltbelastung von 25 % bis 50 % aus (Tabelle 18, siehe auch Kapitel 6.3). Die Einsparung variiert dabei in Abhängigkeit von Karton-, Alu- und PE-Gehalt der Getränkekartons sowie je nach Variante des Recyclings.

**Tabelle 18: Umwelteinsparung bei 70% Sammelquote im Vergleich zu 0%**

<b>Getränkekartontyp</b>	<b>Verwertungsvariante: Recycling von Karton, Reject in KVA</b>	<b>Verwertungsvariante: Recycling von Karton, Reject in Zementwerk</b>	<b>Verwertungsvariante: Recycling von Karton, PE, Alu- minium</b>
0.25L für Fruchtsaft	26%	31%	40%
1L für Fruchtsaft	30%	35%	45%
0.25L für Ice Tea	26%	31%	40%
0. 5L für Ice Tea	30%	36%	45%
1L für Ice Tea	30%	35%	45%
0.5L für Milch UHT	30%	35%	45%
1L für Milch UHT	34%	39%	48%
1L für Milch Past	31%	49%	38%
1L für Wein	27%	37%	40%

## Auswirkungen auf die Fruchtsaftverpackungen

Wenn die Getränkekartons rezykliert werden (70 % Sammelquote), weisen sie eine signifikant tiefere Umweltbelastung aus als die anderen Getränkeverpackungen für Fruchtsäfte mit vergleichbarer Grösse.

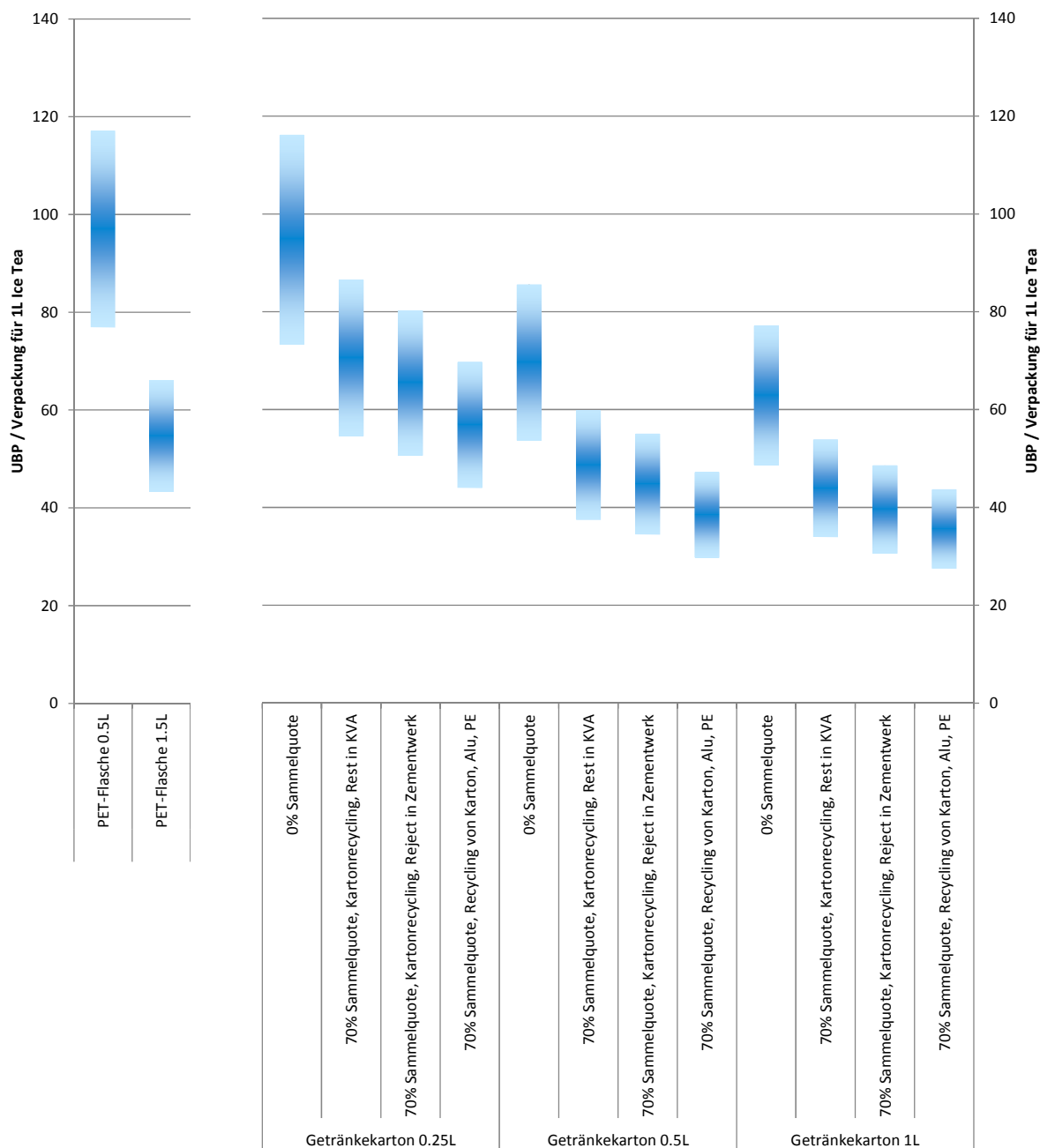


**Abbildung 54: Umweltbelastung von Fruchtsaftverpackungen pro 1L Fruchtsaft, zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

## Auswirkungen auf die Ice Tea-Verpackungen

Der 0.25 L Getränkekarton weist trotz Recycling keine signifikant tiefere Umweltbelastung als die 0.5 L PET-Flasche aus. Der 0.5 L Getränkekarton weist jedoch mit Recycling eine deutlich tiefere Umweltbelastung auf als die 0.5 L PET Flasche. Der Vergleich der 1.5 L PET Flasche mit dem 1.0 L Getränkekarton zeigt, dass die Umweltbelastungen der Getränkekartons mit den heute in der Schweiz zur Verfügung stehenden Recyclingverfahren vergleichbar sind mit denjenigen der PET Flasche. Bei der Variante „Recycling von Karton, Alu und PE bei einer Sammelquote von 70 %“ ergäben sich dagegen deutlich tiefere Umweltbelastungen der Getränkekartons.

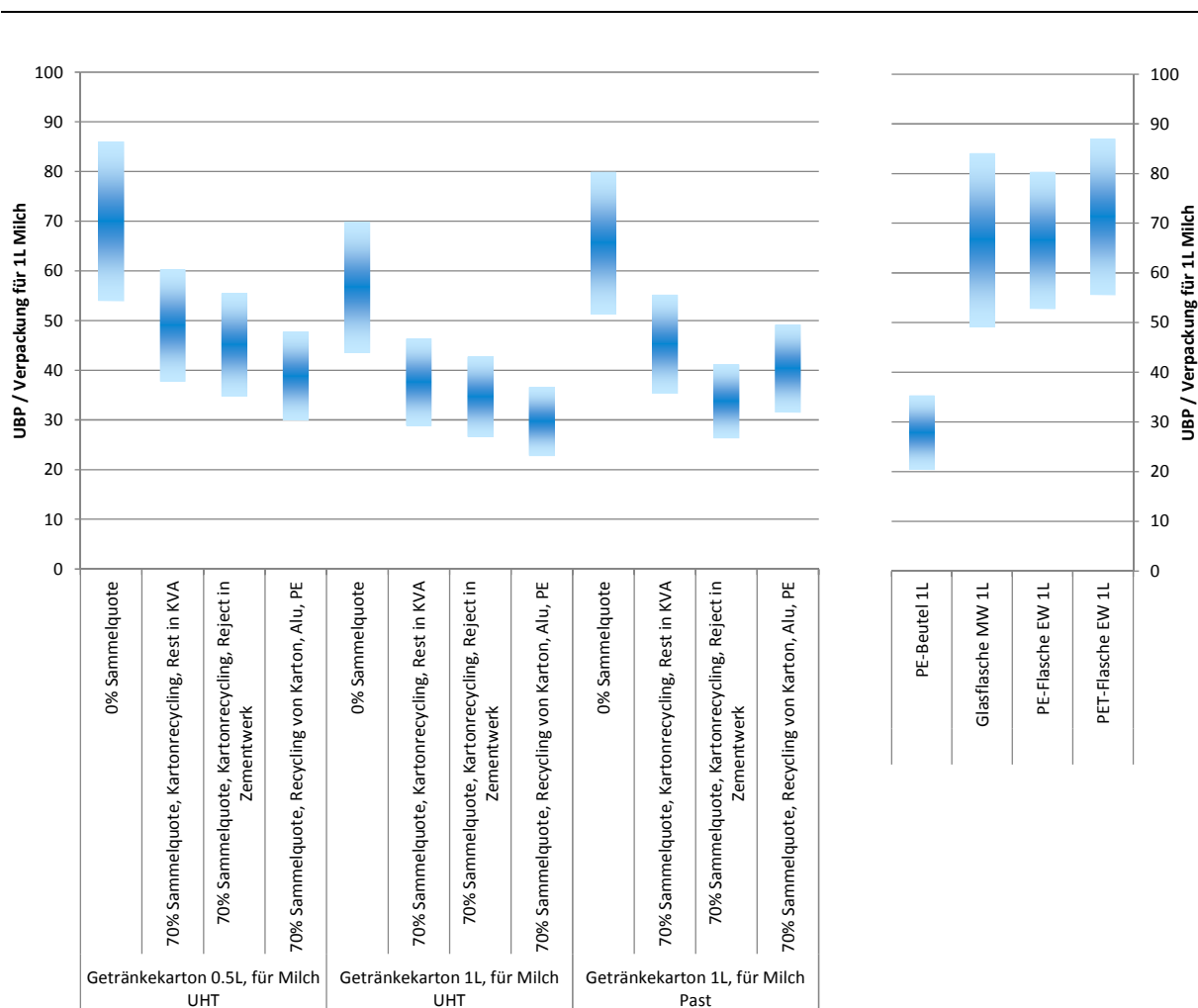


**Abbildung 55: Umweltbelastung von Ice Tea Verpackungen pro 1L Ice Tea, zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

## Auswirkungen auf die Milchverpackungen

Der 1.0 L Getränkekarton für UHT-Milch mit Recycling weist im Vergleich zur PET- und PE-Flasche deutlich tiefere Umweltbelastungen auf. Der 1 L PE-Beutel und die MW-Glasflasche werden für Past-Milch verwendet und müssen entsprechend mit diesem Getränkekartontyp verglichen werden. Dieser Vergleich zeigt, dass der PE-Beutel geringere Umweltauswirkungen hat als der Getränkekarton, falls das Reject beim Recycling in der KVA entsorgt wird. Falls das Reject in ein Zementwerk gelangt oder auch PE und Alu recycelt würde, so sind die Unterschiede zum PE-Beutel nicht mehr signifikant. In diesen Fällen ist der Getränkekarton jedoch signifikant besser als die MW Glasflasche.

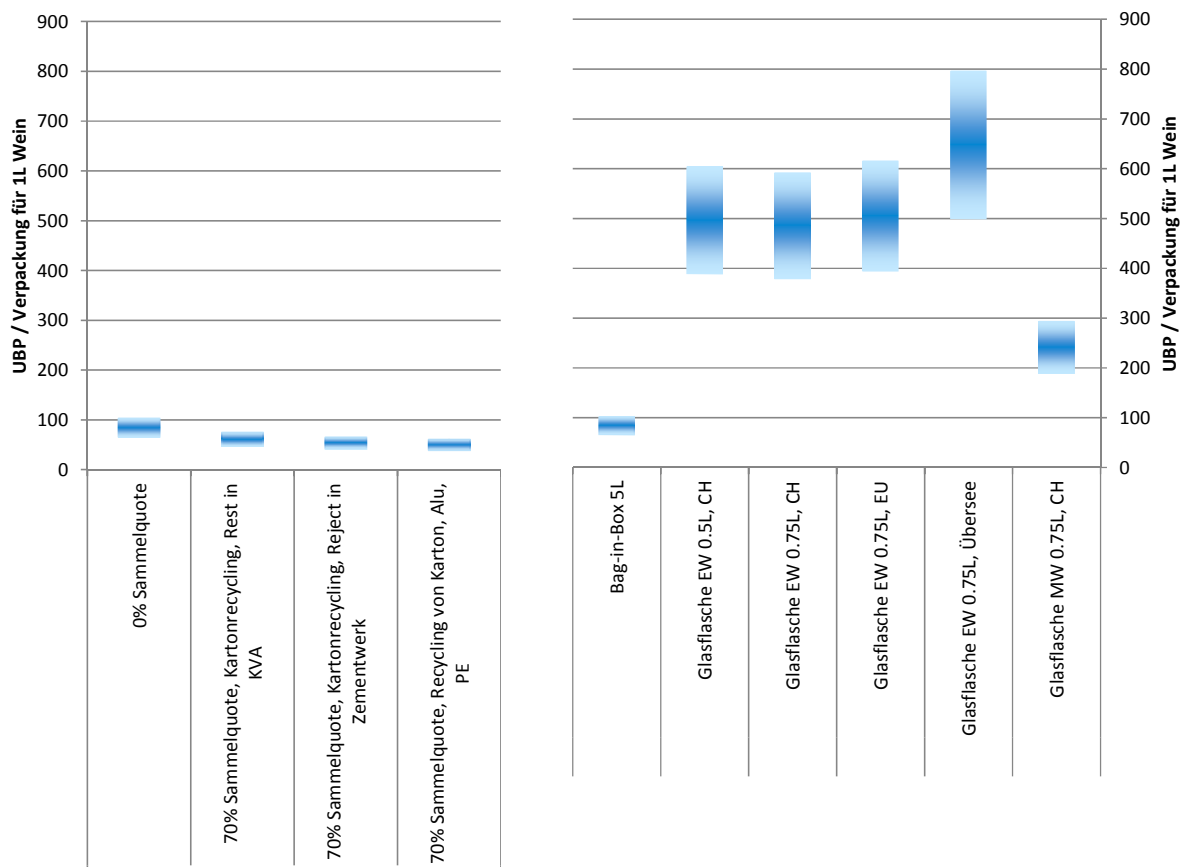


**Abbildung 56: Umweltbelastung von Milchverpackungen pro 1L Milch, zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.

## Auswirkungen auf die Weinverpackungen

Würde der 1.0 L Getränkekarton für Wein recycelt (70% Sammelquote), dann wäre die Umweltbelastung in jedem Fall deutlich tiefer als bei allen anderen betrachteten Getränkeverpackungen.



**Abbildung 57: Umweltbelastung von Weinverpackungen pro 1L Wein, zuhause konsumiert**

UBP: Methode der ökologischen Knappheit 2013. Die Ausdehnung der Balken gibt die Unsicherheiten der Resultate an. Der wahrscheinlichste Wert liegt dabei in der Mitte.



## 6 Resultate Recycling vs. Entsorgung

In diesem Kapitel wird der Frage nachgegangen, wie das Recycling von Materialien aus Umweltsicht abschneidet im Vergleich zur Entsorgung und thermischen Verwertung in einer KVA.

### 6.1 PET-Flaschen

Die hier präsentierten Resultate basieren auf der kürzlich durchgeführten Studie über das PET Recycling (Dinkel 2008) und wurden mit den aktuellen Angaben von PRS (2013) ergänzt.

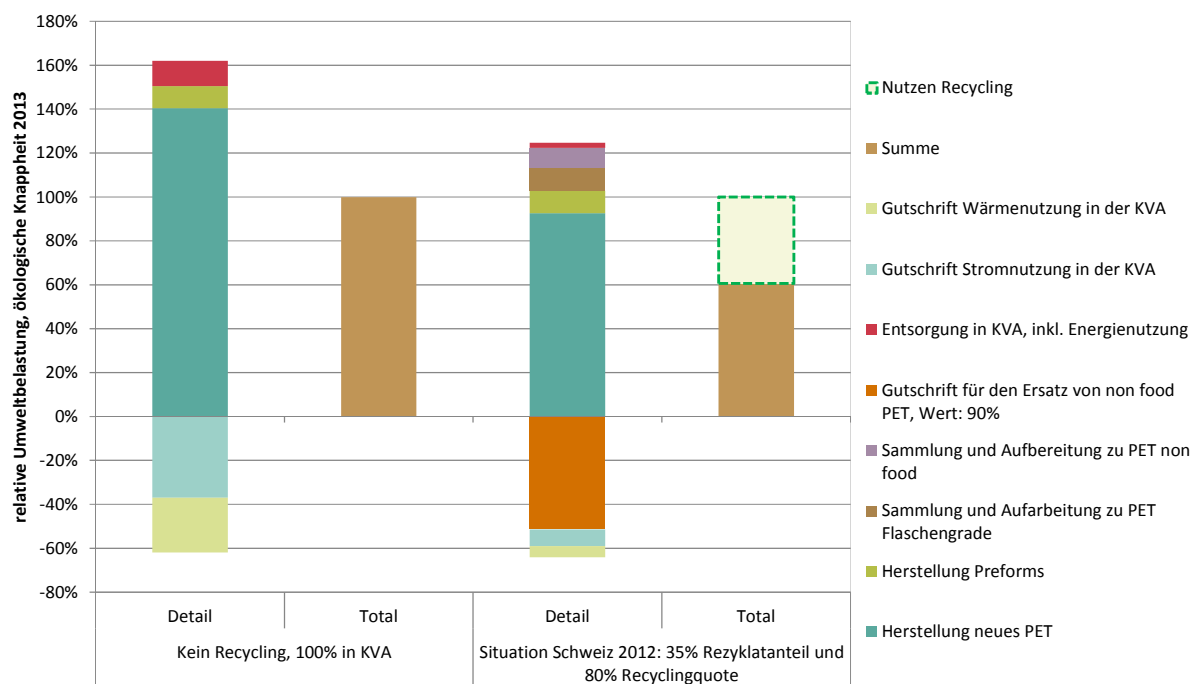
Abbildung 58 zeigt die Detailanalyse von PET in Entsorgung und PET in Recycling unter folgenden Bedingungen:

- Der Rezyklatanteil in den Flaschen beträgt im Schnitt 35 %
- Recyclingquote bei PET-Flaschen liegt bei 80 %.
- Gutschrift fürs open loop Recycling mit Wertberichtigungsfaktor 0.9 (siehe dazu auch Kapitel 3.8.2)
- Gutschrift für Entsorgung in einer KVA. Im schweizerischen Durchschnitt generieren die KVAs pro verbranntes Megajoule (MJ, unterer Heizwert) 16 % Strom und 26.4 % Wärme (Rytec 2012). Diese zusätzlich generierten Energieformen ersetzen die Energieträger UCTE-Strom-Mix (als Approximation für den Grenzstrom-Mix<sup>21</sup>), respektive Wärme produziert aus Erdgas oder Heizöl. Gemäss BFE (2011) beträgt das Verhältnis von Erdgas und Heizöl am Schweizer Wärmebedarf 39.5 % zu 60.5 %.

Die Resultate setzen sich zusammen aus den Aufwänden der Herstellung und der Entsorgung sowie den Gutschriften für Nebenprodukte (Strom, Wärme, PET Granulat). Die Umweltbelastung ist hauptsächlich geprägt von der Herstellung des primären PET Granulats sowie von den Gutschriften für die Strom- und Wärmenutzung (bei 100 % KVA) und für den Ersatz von primärem PET. Insgesamt resultiert eine Umweltsparung von 40 % im Vergleich zu 100 % Entsorgung in einer KVA.

---

<sup>21</sup> Als Grenzstrom wird diejenige Art der Strombereitstellung verstanden, die bei einem zusätzlichen Bedarf an Strom eingesetzt würde, bzw. der Kraftwerkspark der abgeschaltet würde bei einer Reduktion der Nachfrage nach Elektrizität. Da die Schweiz einen Stromhandel mit Europa betreibt, wird als Annäherung für den Grenzstrom-Mix hier der Europäische Strom-Mix UCTE verwendet.

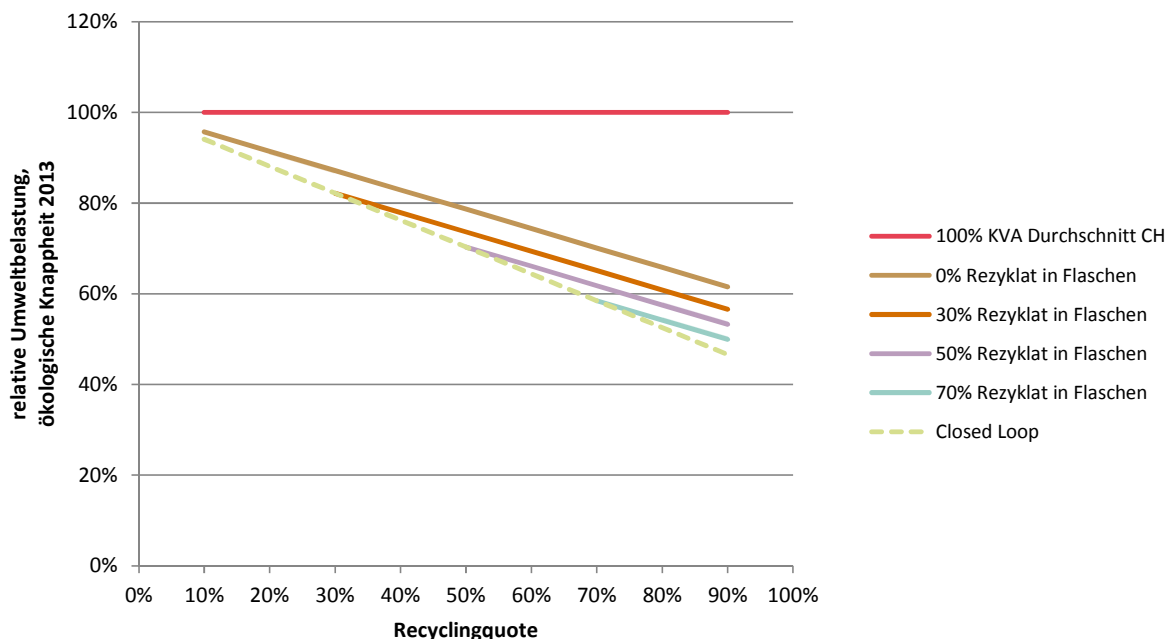


**Abbildung 58: Vergleich von PET-Recycling (Situation Schweiz 2012: 35 % Rezyklatanteil und 80 % Recyclingquote ) und Entsorgung in KVA (kein Recycling)**

Abbildung 59 liefert eine Antwort auf die Frage, wie sich die Umweltbilanz verändert in Bezug auf den Rezyklatanteil in der Flasche sowie der Recyclingquote der Flaschen<sup>22</sup>. Es wird deutlich, dass der Umweltnutzen stark zunimmt, je höher der closed loop Recyclinganteil ist. Demgegenüber nimmt der Umweltnutzen durch das open loop Recycling ein bisschen weniger stark zu. Heute in der Schweiz üblich ist ein closed loop Anteil von 35 % bei einer Recyclingquote von 80 %. Dies bewirkt eine Umwelteinsparung von rund 40 % gegenüber der reinen Entsorgung in einer durchschnittlichen Schweizer KVA. Technisch möglich ist heutzutage ein closed loop Anteil von 50 % bei einer Recyclingquote von rund 90 %, was einer Umwelteinsparung von knapp 50 % im Vergleich zur Entsorgung in einer durchschnittlichen Schweizer KVA entspricht.

<sup>22</sup> Nicht berücksichtigt wurde dabei, dass Flaschen mit höherem Rezyklatanteil tendenziell schwerer werden als gleiche Flaschen ohne Rezyklat. Dies deshalb, um den effektiven closed loop Nutzen aufzuzeigen. Gemäss Kapitel 3.8.2.2 ist beim closed loop nicht zwingend notwendig, dass wieder genau dasselbe Produkt hergestellt wird, solange die inhärenten Eigenschaften dieselben sind und damit 100 % primäres PET ersetzt wird.





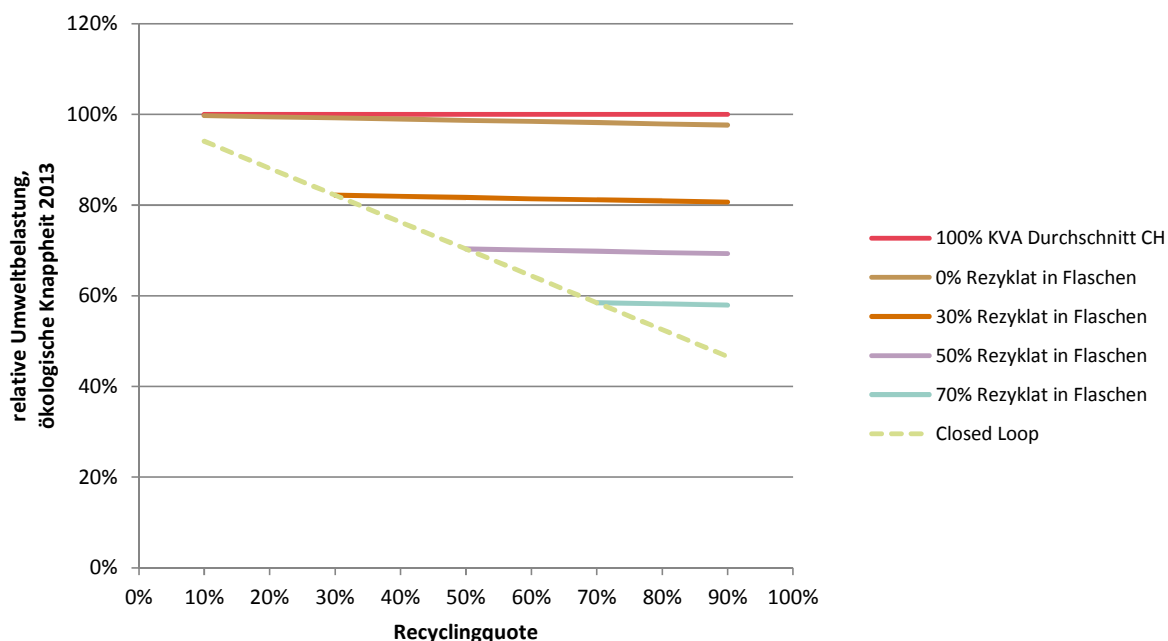
**Abbildung 59: Vergleich von 100% Entsorgung in durchschnittlicher KVA mit PET Recycling in Abhängigkeit des Rezyklat- und Recyclinganteils mit open loop Gutschrift von Faktor 0.9.**

Die gestrichelte Linie stellt den reinen closed loop Nutzen ohne open loop Anteil dar. Die durchgezogenen Linien entsprechen den zusätzlich zum closed loop erbrachten open loop Nutzen.

Die Umweltwirkung ist unter 10% und über 90% Recycling nicht dargestellt, da diese sich nicht mehr linear verhält. Ein Recycling unter 10% macht aus technischer und ökonomischer Sicht wenig Sinn. Beim Recycling über 90% nimmt der Sammelaufwand exponentiell zu, was zu einer Verschlechterung der Umweltbilanz führt.

Wie das open loop Recycling im Vergleich zur Entsorgung in der KVA abschneidet, hängt nebst der Höhe der Strom- und Wärmegewinnung der KVA vor allem von der Recyclinggutschrift ab.

Das Substitutionsprinzip nach ILCD (2010) schlägt für die Gutschrift für das open loop Recycling einen Korrekturfaktor vor, der das Werteverhältnis von primärem PET zu open loop PET berücksichtigt, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass das open loop PET nicht mehr dieselbe Qualität wie primäres PET aufweist. Für viele Anwendungen wie z. B. Mehrwegtragtaschen reicht jedoch auch die verminderte Qualität aus, d. h. es wird eins zu eins neues PET ersetzt. Das Basisszenario wurde deshalb mit Faktor 0.9 gerechnet (siehe auch Kapitel 3.8.2.2). Abbildung 60 zeigt die Resultate mit Faktor 0.58 (ökonomisches Verhältnis Rezyklat zu Primär-PET) für das open loop Recycling. Die Einsparungen durch das open loop Recycling sind wesentlich geringer. Trotzdem gelten dieselben Aussagen wie im Basisszenario. Dieses Resultat zeigt, wie wichtig es ist, PET in einer möglichst hohen Qualität zu sammeln und zu verwerten.

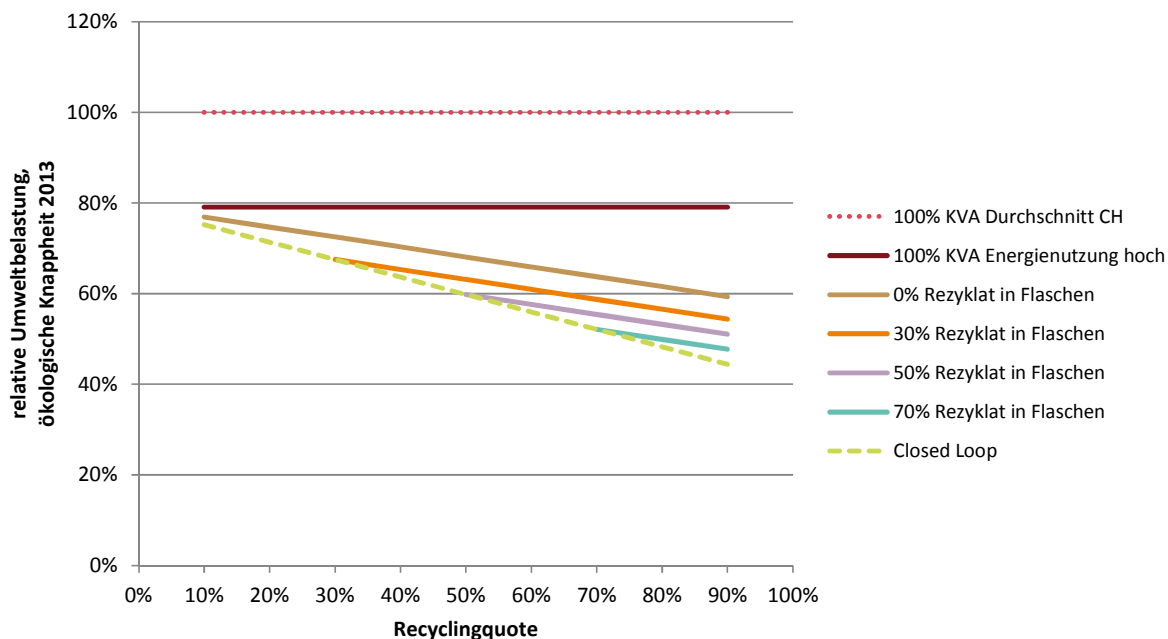


**Abbildung 60: Vergleich von 100% Entsorgung in durchschnittlicher KVA mit PET Recycling in Abhängigkeit des Rezyklat- und Recyclinganteils mit open loop Gutschrift von Faktor 0.58 statt 0.9**

Die gestrichelte Linie stellt den reinen closed loop Nutzen ohne open loop Anteil dar. Die durchgezogenen Linien entsprechen den zusätzlich zum closed loop erbrachten open loop Nutzen.

Die Umweltwirkung ist unter 10% und über 90% Recycling nicht dargestellt, da diese sich nicht mehr linear verhält. Ein Recycling unter 10% macht aus technischer und ökonomischer Sicht wenig Sinn. Beim Recycling über 90% nimmt der Sammelaufwand exponentiell zu, was zu einer Verschlechterung der Umweltbilanz führt.

Abschliessend sei vermerkt, dass sich das PET-Recycling Schweiz System mit einer wesentlichen Umweltsparung im Vergleich zur reinen Entsorgung in einer KVA auszeichnet. An diese Aussage würde sich auch nichts ändern, wenn in Zukunft alle KVAs eine hohe Energienutzung (51 % statt 26 % Wärmenutzung bei gleich hoher Stromausbeute, Ryttec 2012) aufweisen (Abbildung 61).



**Abbildung 61: Vergleich von 100% Entsorgung in energieoptimierter KVA mit PET Recycling in Abhängigkeit des Rezyklat- und Recyclinganteils mit open loop Gutschrift von Faktor 0.9.**

Die gestrichelte Linie stellt den reinen closed loop Nutzen ohne open loop Anteil dar. Die durchgezogenen Linien entsprechen den zusätzlich zum closed loop erbrachten open loop Nutzen.

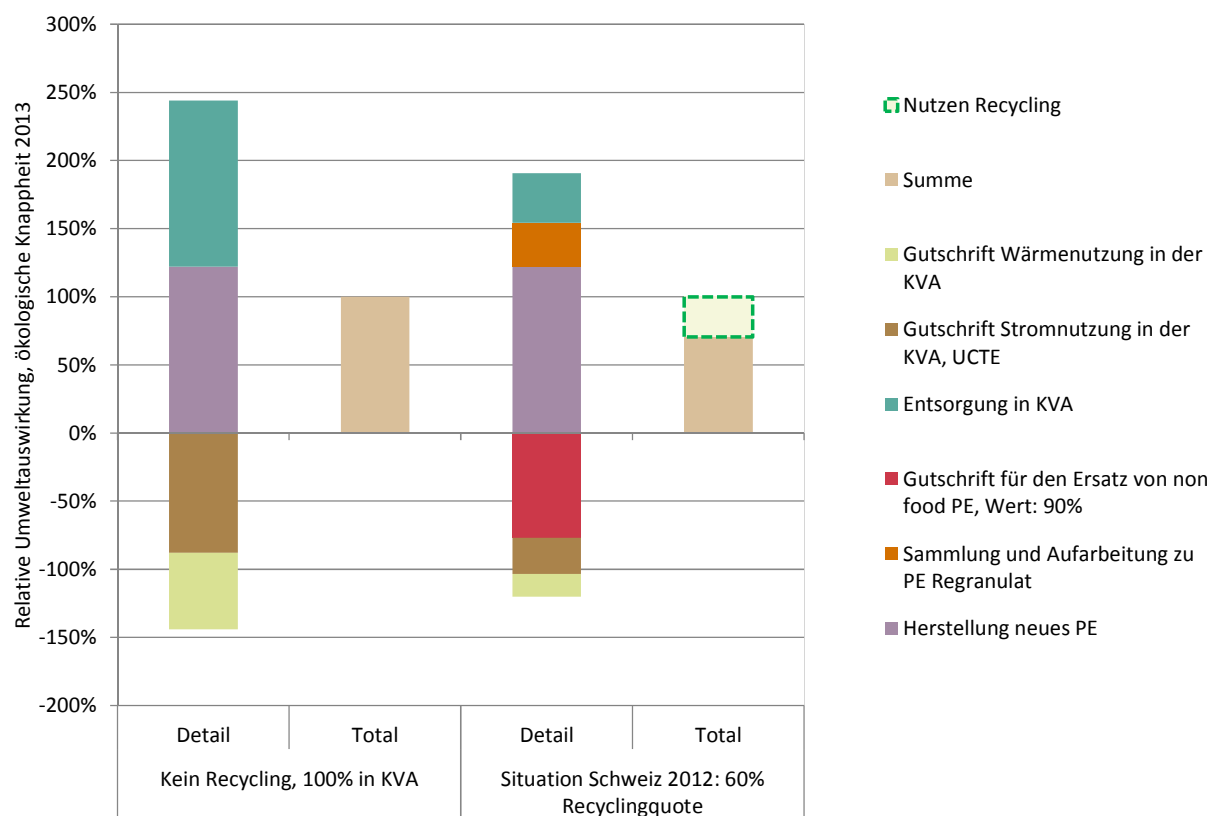
Die Umweltwirkung ist unter 10% und über 90% Recycling nicht dargestellt, da diese sich nicht mehr linear verhält. Ein Recycling unter 10% macht aus technischer und ökonomischer Sicht wenig Sinn. Beim Recycling über 90% nimmt der Sammelaufwand exponentiell zu, was zu einer Verschlechterung der Umweltbilanz führt.

## 6.2 PE-Flaschen

Die hier präsentierten Resultate basieren auf der kürzlich durchgeführten Studie über das PE-Recycling (Dinkel und Stettler 2008) und wurden mit aktuellen Angaben ergänzt.

Abbildung 62 zeigt die Detailanalyse von PE in Entsorgung und PE in Recycling unter folgenden Bedingungen:

- Der Rezyklatanteil in den Flaschen beträgt 0 %
- Die Sammelquote bei PE-Flaschen (Milch) liegt bei 70 %
- Die Recyclingquote liegt bei 60 %
- Gutschrift fürs open loop Recycling mit Wertberichtigungsfaktor 0.9 (siehe dazu auch Kapitel 3.8.2)
- Gutschrift für Entsorgung in einer KVA. Im schweizerischen Durchschnitt generieren die KVAs pro verbranntes Megajoule (MJ, unterer Heizwert) 16 % Strom und 26.4 % Wärme (Rytec 2012). Diese zusätzlich generierten Energieformen ersetzen die Energieträger UCTE-Strom-Mix (als Approximation für den Grenzstrom-Mix<sup>23</sup>), respektive Wärme produziert aus Erdgas oder Heizöl. Gemäss BFE (2011) beträgt das Verhältnis von Erdgas und Heizöl am Schweizer Wärmebedarf 39.5 % zu 60.5 %.

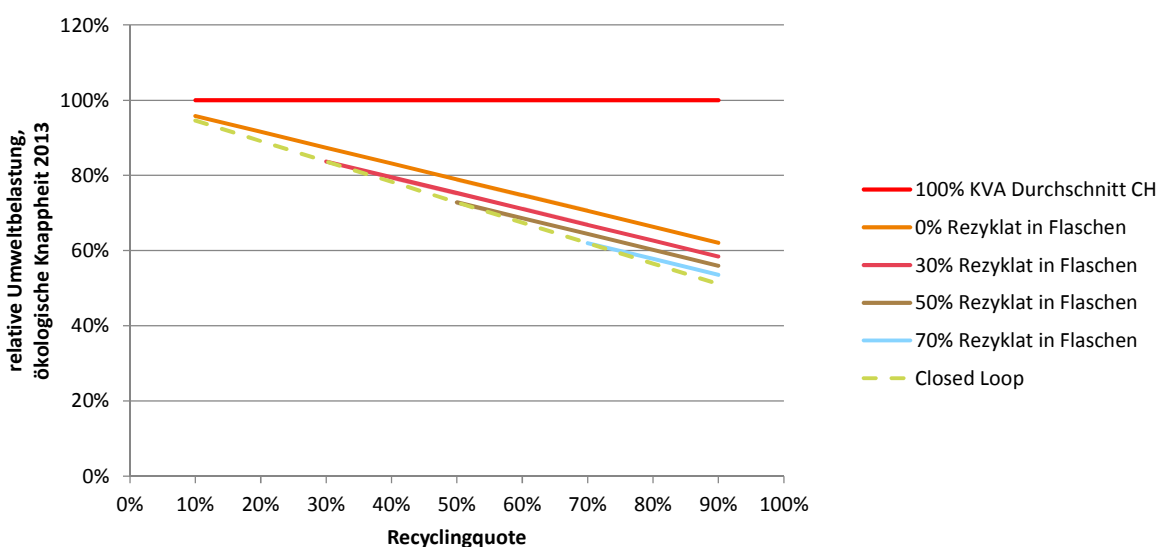


**Abbildung 62: Vergleich von PE-Milchflaschenrecycling (Situation Schweiz 2012) und 100 % Entsorgung in einer KVA (kein Recycling)**

<sup>23</sup> Als Grenzstrom wird diejenige Art der Strombereitstellung verstanden, die bei einem zusätzlichen Bedarf an Strom eingesetzt würde, bzw. der Kraftwerkspark der abgeschaltet würde bei einer Reduktion der Nachfrage nach Elektrizität. Da die Schweiz einen Stromhandel mit Europa betreibt, wird als Annäherung für den Grenzstrom-Mix hier der Europäische Strom-Mix UCTE verwendet.

Die Resultate setzen sich zusammen aus den Aufwänden der Herstellung und der Entsorgung sowie den Gutschriften für Nebenprodukte (Strom, Wärme, PE Granulat). Die Umweltbelastung ist hauptsächlich geprägt von der Herstellung des primären PE Granulats sowie von den Gutschriften für die Strom- und Wärmenutzung (bei 100 % KVA) und für den Ersatz von primärem PET. Insgesamt resultieren 29 % Umwelteinsparung.

Abbildung 63 liefert eine Antwort auf die Frage, wie sich die Umweltbilanz verändert in Bezug auf den Rezyklatanteil in der Flasche sowie der Recyclingquote der Flaschen<sup>24</sup>. Es wird deutlich, dass der Umweltnutzen zunimmt, je höher der closed loop Recyclinganteil ist. Demgegenüber nimmt der Umweltnutzen durch das open loop Recycling ein bisschen weniger stark zu. Heute in der Schweiz üblich ist ein closed loop Anteil von 0 % bei einer Sammelquote von 10% (70 % bei Milchflaschen). Dies bewirkt eine Umwelteinsparung von knapp 5 % gegenüber der reinen Entsorgung in einer durchschnittlichen Schweizer KVA. Bei einer Recyclingquote von rund 90 % wäre die Umwelteinsparung rund 40 % im Vergleich zur Entsorgung in einer durchschnittlichen Schweizer KVA.



**Abbildung 63: Vergleich von 100% Entsorgung in durchschnittlicher KVA mit PE Recycling in Abhängigkeit des Rezyklat- und Recyclinganteils mit open loop Gutschrift von Faktor 0.9**

Die gestrichelte Linie stellt den reinen closed loop Nutzen ohne open loop Anteil dar. Die durchgezogenen Linien entsprechen den zusätzlich zum closed loop erbrachten open loop Nutzen.

Die Umweltwirkung ist unter 10% und über 90% Recycling nicht dargestellt, da diese sich nicht mehr linear verhält. Ein Recycling unter 10% macht aus technischer und ökonomischer Sicht wenig Sinn. Beim Recycling über 90% nimmt der Sammelaufwand exponentiell zu, was zu einer Verschlechterung der Umweltbilanz führt.

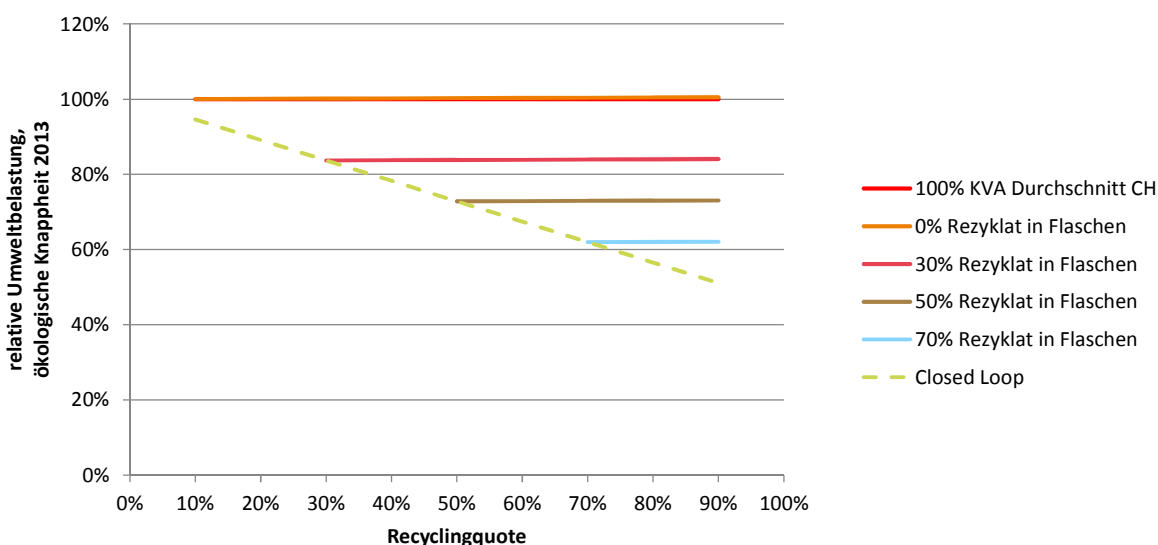
Wie das open loop Recycling im Vergleich zur Entsorgung in der KVA abschneidet, hängt nebst der Höhe der Strom- und Wärmegewinnung der KVA vor allem von der Recyclinggutschrift ab.

Das Substitutionsprinzip nach ILCD (2010) schlägt für die Gutschrift für das open loop Recycling einen Korrekturfaktor vor, der das Werteverhältnis von primärem PE zu open loop PE berücksichtigt, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass das open loop PE nicht mehr dieselbe Qualität wie primäres PE auf-

<sup>24</sup> Nicht berücksichtigt wurde dabei, dass Flaschen mit höherem Rezyklatanteil tendenziell schwerer werden als gleiche Flaschen ohne Rezyklat. Dies deshalb, um den effektiven closed loop Nutzen aufzuzeigen. Gemäss Kapitel 3.8.2.2 ist beim closed loop nicht zwingend notwendig, dass wieder genau dasselbe Produkt hergestellt wird, solange die inhärenten Eigenschaften dieselben sind.

weist. Für viele Anwendungen wie z. B. Mehrwegtragtaschen reicht jedoch auch die verminderte Qualität aus, d. h. es wird eins zu eins neues PE ersetzt. Das Basisszenario wurde deshalb mit Faktor 0.9 gerechnet (siehe auch Kapitel 3.8.2.2). Abbildung 64 zeigt die Resultate mit Faktor 0.55 (ökonomisches Verhältnis Rezyklat zu Primär-PE) für das open loop Recycling. Das open loop Recycling führt nun nicht mehr zu einer Umwelteinsparung im Vergleich zur Entsorgung in einer KVA. Dieses Resultat zeigt, dass es entscheidend ist, PE in einer möglichst hohen Qualität zu sammeln und zu verwerten.

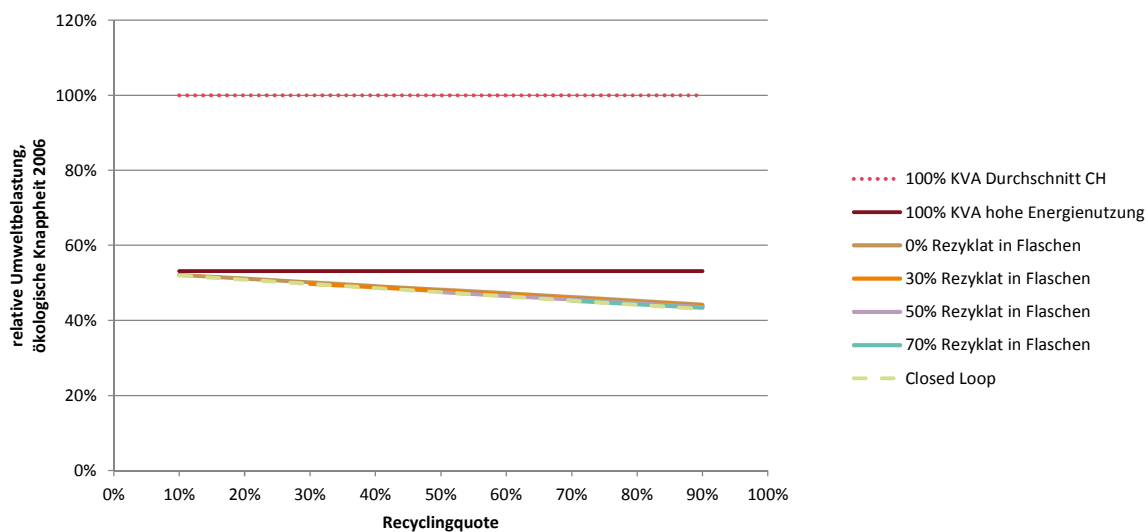
Abschliessend sei vermerkt, dass sich das PE-Recycling mit einer wesentlichen Umwelteinsparung im Vergleich zur reinen Entsorgung in einer KVA auszeichnet. An diese Aussage würde sich auch nichts ändern, wenn in Zukunft alle KVAs eine hohe Energienutzung aufweisen. Einzig Höhe des Nutzens würde geringer ausfallen (siehe dazu Abbildung 65)



**Abbildung 64: Vergleich von 100% Entsorgung in durchschnittlicher KVA mit PE Recycling in Abhängigkeit des Rezyklat- und Recyclinganteils mit open loop Gutschrift von Faktor 0.55**

Die gestrichelte Linie stellt den reinen closed loop Nutzen ohne open loop Anteil dar. Die durchgezogenen Linien entsprechen den zusätzlich zum closed loop erbrachten open loop Nutzen.

Die Umweltwirkung ist unter 10% und über 90% Recycling nicht dargestellt, da diese sich nicht mehr linear verhält. Ein Recycling unter 10% macht aus technischer und ökonomischer Sicht wenig Sinn. Beim Recycling über 90% nimmt der Sammelaufwand exponentiell zu, was zu einer Verschlechterung der Umweltbilanz führt.



**Abbildung 65: Vergleich von 100% Entsorgung in energieoptimierter KVA mit PE Recycling in Abhängigkeit des Rezyklat- und Recyclinganteils mit open loop Gutschrift von Faktor 0.9.**

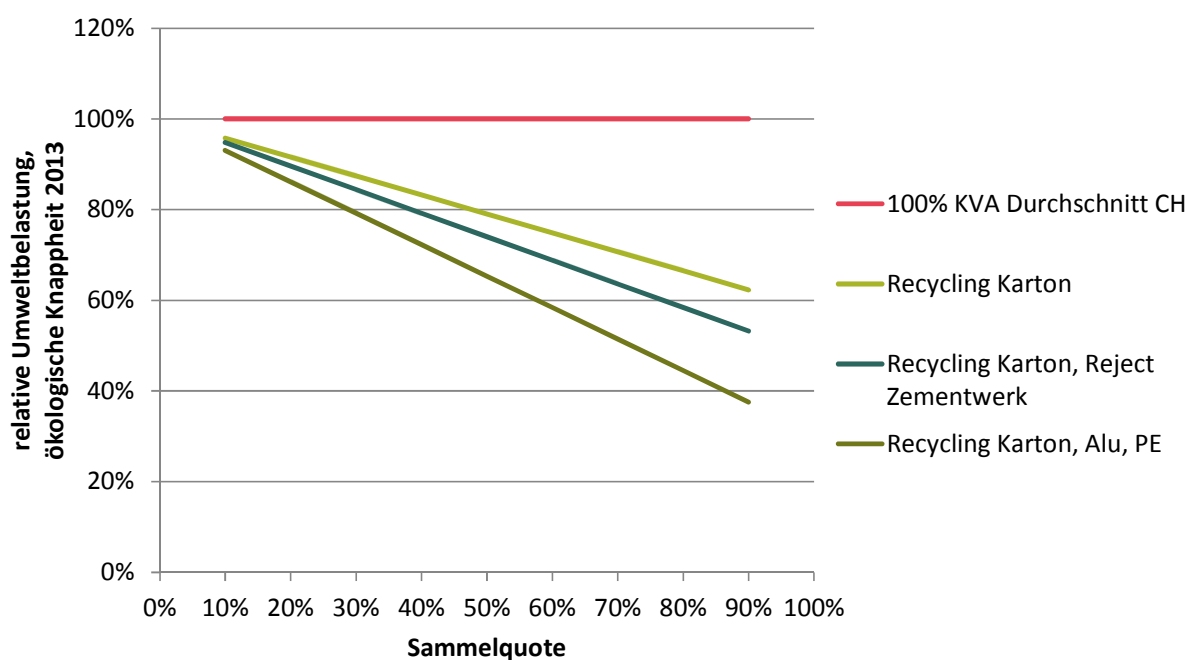
Die gestrichelte Linie stellt den reinen closed loop Nutzen ohne open loop Anteil dar. Die durchgezogenen Linien entsprechen den zusätzlich zum closed loop erbrachten open loop Nutzen.

Die Umweltwirkung ist unter 10% und über 90% Recycling nicht dargestellt, da diese sich nicht mehr linear verhält. Ein Recycling unter 10% macht aus technischer und ökonomischer Sicht wenig Sinn. Beim Recycling über 90% nimmt der Sammelaufwand exponentiell zu, was zu einer Verschlechterung der Umweltbilanz führt.

## 6.3 Getränkekarton

Die hier präsentierten Resultate basieren auf der kürzlich durchgeführten Studie über das Getränkekarton-Recycling (Dinkel 2011) und wurden mit aktuellen Angaben ergänzt.

Abbildung 66 liefert eine Antwort auf die Frage, wie sich die Umweltbilanz verändert in Bezug auf die Recyclingquote der Getränkekartons. Es wird deutlich, dass der Umweltnutzen höher ist, wenn nicht nur der Karton, sondern auch das enthaltene Aluminium und PE recycelt wird. Bei einer ähnlich hohen Recyclingquote wie dies bei PET der Fall ist (80 %), kann die Umweltbelastung um mehr als 50 % gesenkt werden. Wird nur der Karton recycelt, resultiert eine Einsparung von etwas mehr als 30 %. Falls nur der Karton recycelt wird, gibt es noch die Möglichkeit, das Rejectmaterial in einem Zementwerk statt in einer KVA zu entsorgen. Dies führt zu einer Einsparung von ca. 40 %. Im Falle anderer Wärme- und Stromgewinnungsanteile der KVAs ändern sich zwar die absoluten Werte und die Steigungen der Linien, welche den Umweltnutzen darstellen. An der Aussage, dass das Recycling von Getränkekarton sich aus Umweltsicht lohnt, ändert sich jedoch nichts.



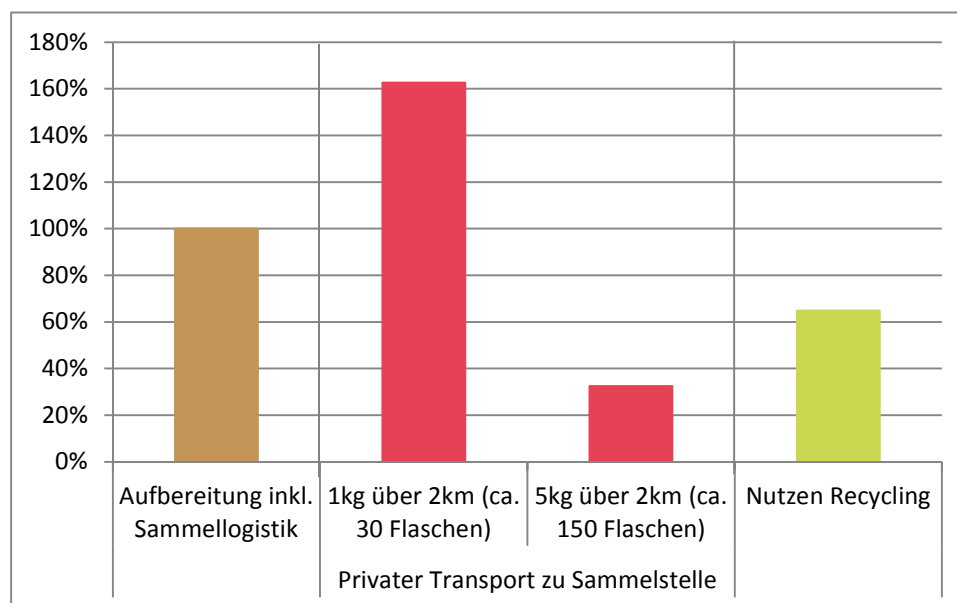
**Abbildung 66: Vergleich von 100% Entsorgung in durchschnittliche KVA mit Getränkekarton Recycling in Abhängigkeit der Sammelquote**

Die Umweltwirkung ist unter 10% und über 90% Sammelquote nicht dargestellt, da diese sich nicht mehr linear verhält. Ein Recycling unter 10% macht aus technischer und ökonomischer Sicht wenig Sinn. Beim Recycling über 90% nimmt der Sammelaufwand exponentiell zu, was zu einer Verschlechterung der Umweltbilanz führt.



## 6.4 Relevanz des privaten Sammeltransportes zur Sammelstelle

Der Transport zur Sammelstelle wurde variabel berechnet und mit der Aufbereitung inklusive Sammellogistik am Beispiel von PE verglichen. Folgende Abbildung 67 zeigt, dass der private Sammeltransport je nach Distanz und Sammelgutmenge schnell einmal halb so viel Umweltbelastung erzeugt wie sämtliche nachfolgende Prozesse der Wiederaufbereitung. Es wird auch deutlich, dass der private Sammeltransport je nach Distanz und Sammelgutmenge den gesamten Nutzen des Recyclings gegenüber der Entsorgung in einer KVA zerstört.



**Abbildung 67: Umweltbelastung des zusätzlichen privaten Transportes zur Sammelstelle im Vergleich zu den Recyclingaufwendungen am Beispiel von PE.**

Methode der ökologischen Knappheit 2013.

Die Umweltbelastung des privaten Transportes ist bei der Aufbereitung inkl. Sammellogistik nicht berücksichtigt und würde die Gesamtbelastung der Wiederaufbereitung entsprechend erhöhen.



## 7 Diskussion und Schlussfolgerung

An dieser Stelle seien nochmals die beiden Hauptfragestellungen erwähnt.

Die 1. Frage lautete:

1. *Welche Verpackung ist für eine bestimmte Getränkeart und Menge (z. B. für 1 Liter Orangensaft zuhause konsumiert oder für 0.5 Liter Erfrischungsgetränk unterwegs konsumiert) die ökologisch vorteilhafteste Verpackungslösung? Gibt es für eine bestimmte Getränkeart eine Verpackung, deren Verwendung gefördert werden sollte?*

Diese 1. Frage wurde im Kapitel 5 analysiert und wird in Kapitel 7.1 mit der Tabelle 19 über die Präferenzen je Getränketyp beantwortet.

Die 2. Frage lautete:

2. *Ab welcher Sammelmenge/-quote ist für eine bestimmte Verpackung (PET-Flasche, PE-Flasche, Getränkekarton) die stoffliche Verwertung gegenüber der energetischen Nutzung ökologisch vorteilhaft?*

Diese 2. Frage wurde im Kapitel 6 analysiert und wird in Kapitel 7.2 beantwortet.

### 7.1 Getränkeverpackungen

Getränkeverpackungen haben drei wesentliche Funktionen: Schutz, Logistik, Marketing. Um am Markt zu bestehen, müssen diese Funktionen erfüllt werden. Dies kann mit unterschiedlichen Materialien und Konzepten erreicht werden. Je nach Material sind dabei andere Mengen und Aufwand notwendig (SVI 1997).

#### Schutzfunktion

- Schutz des Menschen: Die Getränkeverpackungen müssen die Echtheit des Inhalts sowie die Unversehrtheit garantieren und Verletzungen durch unsachgemässen Umgang möglichst ausschliessen können. Diese Schutzfunktion wurde in dieser Studie nicht näher untersucht. Es wird davon ausgegangen, dass alle untersuchten Getränkeverpackungen diese Anforderungen ähnlich gut erfüllen, ansonsten würde sie wohl relativ schnell vom Markt verdrängt werden.
- Schutz des Inhaltes: Die Getränkeverpackungen müssen so gestaltet sein, dass möglichst nichts vom Inhalt verloren geht respektive möglichst der ganze Inhalt konsumiert werden kann. Weil die Herstellung der allermeisten Getränke um ein Vielfaches umweltbelastender ist als die Verpackung, können Unterschiede der Verlustrate von über 2 % wesentlich entscheidender sein für die gesamthafte Umweltbelastung als Unterschiede in der Herstellung, Transport und Entsorgung der Verpackungen. Da keine genaueren Angaben zu Verlusten während der ganzen Prozesskette verfügbar waren, wurde die Relevanz der Verlustraten anhand von Sensitivitätsanalysen genauer untersucht.
- Schutz der Umwelt: Die Getränkeverpackungen sollen allfällige Einwirkungen des Inhaltes auf die Umwelt verhindern. Da es sich bei den untersuchten Getränken um unproblematische Inhaltsstoffe handelt, ist dieser Aspekt für Getränkeverpackungen wenig relevant und wurde nicht weiter untersucht.

### **Logistikfunktion**

Die Getränkeverpackungen müssen Anforderungen an die Transportier- und Lagerfähigkeit erfüllen und in anwendungsgerechten Einheiten zusammengestellt werden können. Für die Logistik relevante Aspekte wie das Gewicht und der Raumbedarf sowie die Stapelbarkeit flossen in dieser Studie direkt in die Berechnung der Ökobilanz ein. Obwohl insbesondere im Gewichtsverhältnis von Verpackung zu Inhalt teilweise wesentliche Unterschiede feststellbar waren, sind diese für die gesamte Umweltbelastung von geringerer Bedeutung als beispielsweise die Herstellung und Entsorgung der Verpackung.

Ebenfalls in der Ökobilanz berücksichtigt wurden die Entsorgungseignung der Getränkeverpackungen (Wiederverwendung, Recycling, Entsorgung in KVA) und die damit einhergehenden Umweltbelastungen. Dabei hat sich gezeigt, dass dieser Aspekt für die Umweltbelastung einer Getränkeverpackung wesentlich relevanter ist als die Transportier- und Lagerfähigkeit.

### **Marketingfunktion**

Die zwei Marketingfunktionen Information und Werbung wurden in dieser Studie nicht weiter berücksichtigt. Von zentraler Bedeutung ist jedoch die Conveniencefunktion von Getränkeverpackungen. Hierzu zählen Aspekte wie die Wiederverschliessbarkeit, Dosierungsmöglichkeiten, Restentleerung, Lagerfähigkeit im Haushalt etc. In dieser Studie wurde insbesondere die Restentleerung mittels Sensitivitätsanalysen genauer untersucht. Insbesondere beim Bierfass und der Bag-in-Box ist eine 100 % Entleerung praktisch nicht möglich, so dass mit Inhaltsverlusten zu rechnen ist. Unterschiede in der Entleerbarkeit sind dabei ebenso entscheidend für die gesamte Umweltbelastung wie Unterschiede in der Verpackungsherstellung und Entsorgung (siehe auch Funktion Schutz des Inhaltes).

### **Erkenntnisse**

- Einsatz der Getränkeverpackungen
  - Je nach Getränketyp kommen verschiedene geeignete Getränkeverpackungen zum Einsatz. Es gibt keine einzelne Getränkeverpackung, die für alle Getränketypen in Frage kommt.
  - Auch in Abhängigkeit der Konsumart (zu Hause, unterwegs, ab Ausschank) ist die Gewichtung der Funktionen eine andere, so dass unterschiedliche Getränkeverpackungen zum Einsatz kommen.
- Bezogen auf die Verpackungen alleine
  - Aus Umweltsicht ist v. a. die Herstellung der Verpackung relevant.
  - Getränkeverpackungen mit einer eher tiefen Umweltbelastung weisen als Charakteristik auf, dass sie leicht oder mehrmals verwendbar sind. Der Nutzen des Recyclings ist stark materialabhängig. Daher ist eine hohe Recyclingquote alleine noch keine Garantie für eine ökologische Getränkeverpackung.
  - Getränkeverpackungen mit einer eher höheren Umweltbelastung zeichnen sich meistens dadurch aus, dass sie eher schwer sind und nur einmal genutzt werden (siehe dazu auch Anhang 1-4).
- Relevanz der Verpackungen
  - Bei den allermeisten Getränketypen mit Ausnahme des Mineralwassers ist der Inhalt aus Umweltsicht sehr deutlich relevanter als die Verpackung.
  - Entsprechend kann die isolierte Betrachtung der Verpackungen ohne Inhalt zu kurz greifen. Wie Sensitivitätsanalysen gezeigt haben, können Verlusten entscheidend sein für die Wahl einer ökologischen Verpackung. Damit wird auch für die ökologische Beurteilung die unterschiedlich gute Erfüllung der Schutz- und Convenience Funktion wesentlich.
  - Der Transport, welcher den Verpackungen zugeschrieben wird, trägt in den meisten Fällen nur einen geringen Teil zur Umweltbelastung bei. Ausnahmen können Mehrwegverpackungen sein.
  - Der private Einkaufstransport kann schnell einmal mehr Umweltbelastung verursachen als die eingekauften Getränkeverpackungen. Hier ist jeder einzelne Konsument gefragt, möglichst auf das Auto beim Einkauf zu verzichten, was gerade beim Einkauf von Getränken aus Gewichtsgründen nicht ein-

fach ist. Wenn das Auto verwendet wird, lohnt es sich, möglichst viele Getränke auf einmal zu kaufen und die Einkaufsfahrt mit einer anderen Aktivität zu verbinden.

- Erkenntnisse zu den verschiedenen Verpackungen
  - Der **PE-Beutel** erfüllt alle notwendigen Funktionen mit einem Minimum an Gewicht mit entsprechend tiefer Umweltbelastung der Herstellung und Entsorgung
  - Die **Getränkekartons** weisen oftmals eine gute Umweltperformance auf dank der verwendeten Materialkombination und erfüllen alle notwendigen Funktionen mit einem geringen Gewicht. Sie werden in der Schweiz jedoch kaum recycelt trotz ihrer eigentlich guten Verwertbarkeit. Würden die Getränkekartons zu 70 % gesammelt,
    - reduzieren sich deren Umweltbelastungen um einen Viertel bis um die Hälfte und
    - die Getränkekartons schneiden gleich gut oder sogar besser ab als die besten vergleichbaren Getränkeverpackungen.
  - **PET-Flaschen** gehören aus Umweltsicht v. a. bei kohlesäurehaltigen Getränken zu den Getränkeverpackungen mit den tiefsten Umweltbelastungen. Dabei spielt das leichte Gewicht ebenso eine wesentliche Rolle wie die relativ gute Verwertungsmöglichkeit. 80 % der PET-Flaschen werden recycelt, wobei 35 % direkt wieder in die PET-Flaschenherstellung gehen.
  - **MW-Glasflaschen** sind aus Umweltsicht ähnlich gut wie PET-Flaschen, solange die Transportdistanzen nicht länger sind als durchschnittliche Transportdistanzen in der Schweiz. Ab mehr als 230 km macht es aus Umweltsicht keinen Sinn mehr MW-Glasflaschen einzusetzen. Die vorzügliche Entsorgungseignung (Wiederverwendbarkeit) steht einem relativ hohen Gewicht mit entsprechend geringerer Transportierfähigkeit gegenüber (so kann z. B. in einem LKW weniger Inhalt pro Fahrt transportiert werden).
  - **EW-Glasflaschen** gehören in jedem Fall zu den Getränkeverpackungen mit den höchsten Umweltbelastungen. Dies hat hauptsächlich mit dem hohen Gewicht der EW-Glasflaschen zu tun und damit, dass die Flaschen nach einmaligem Gebrauch zwar recycelt werden, jedoch erneut bei 1600°C eingeschmolzen werden müssen, was viel Energie benötigt. So gesehen ist die Entsorgungseignung weniger gut als bei anderen Verpackungstypen.
  - **Aludosen** weisen eine gute Transportierbarkeit auf und werden zu 90 % recycelt, der Herstellungsaufwand für Primäraluminium ist jedoch relativ hoch. Dass das ökologische Profil der Aludose überhaupt kompetitiv ist im Vergleich zu anderen Getränkeverpackungen, gründet in ihrem leichten Gewicht und ihrer hohen Recyclingquote. Sie ist die Option mit tieferer Umweltbelastung als die EW-Glasflaschen und somit in vielen Einkaufszentren die ökologischste Option für Bier
  - Obwohl das **Bag-in-Box System** sowie das **Stahlfass** (keg) relativ tiefe Umweltbelastungen aufweisen, wenn nur die Verpackung betrachtet wird, haben diese Getränkeverpackungen das Problem der Restentleerung. Aufgrund dieser beschränkten Eignung im Conveniencebereich sind diese Getränkeverpackungstypen je nach Höhe der Inhaltsverluste aus Umweltsicht nicht als geeigneter einzustufen als MW-Glasflaschen oder PET-Flaschen.
- Offenausschank
  - Beim Offenausschank z. B. von Süssgetränken lohnt sich aus Umweltsicht der Einsatz von Postmix-Stahlbehältern in Kombination mit einem Mehrwegbecher (oder Glas).
  - Die Verwendung von phosphatfreiem Geschirrspülmittel reduziert die Umweltbelastung beim privaten Abwasch von Gläsern und MW-Bechern beträchtlich.

## Empfehlungen

Empfehlungen, welche Getränkeverpackungen je nach Getränketyt und Konsumgegebenheit unter Berücksichtigung der verschiedenen Funktionen (Schutz, Logistik und Convenience) aus Sicht der Ökologie am besten abschneiden, sind in Tabelle 19 dargestellt.

**Tabelle 19: Präferenz von Verpackungen je Getränketyt**

<b>Getränketyt</b>	<b>Konsum zuhause</b>	<b>Konsum unterwegs</b>	<b>Konsum ab Ausschank</b>
Bier	Glasflasche MW 0.33L und 0.5L	(PET-Flasche 0.5L)*	Bier ab Fass (keg)
	Aludose 0.5L (PET-Flasche 0.5L)*	Aludose 0.5L	Glasflasche MW 0.5L
Fruchtsäfte	Getränkekarton 1.0L	Getränkekarton 0.25L	-
	PET-Flasche 1L	PE-Beutel 0.2L	-
Ice Tea	Getränkekarton 0.5L oder 1.0L	Getränkekarton 0.5L	-
	PET-Flasche 1.5L	-	-
Milch	PE-Beutel 1.0L (Past Milch)	-	-
Mineralwasser	Leitungswasser mit Sodastream	PET-Flasche 0.5L	-
Süssgetränke	PET-Flasche 1.5L	PET-Flasche 0.5L	Süssgetränk ab 20L Fass (keg),
	Glasflasche MW 0.75L und 1.0L	-	Postmix in Becher MW oder Glas
Wein	Getränkekarton 1.0L	-	-
	Bag-in-Box 5L	-	-
	Glasflasche 0.75L für lagerfähige Weine	-	-
Behältnisse für Offenausschank	-	-	Gläser Becher MW

\* Im Gegensatz zum Ausland ist heutzutage praktisch kein Bier in PET-Flaschen im Schweizer Detailhandel erhältlich. Das heisst, dem Konsument bleibt somit die Aludose als umweltfreundlichste Alternative für den Bierkonsum unterwegs.

Es gibt somit nicht eine Getränkeverpackung, die für alle Getränketyten in Frage kommt. Es braucht aus gutem Grund unterschiedliche Verpackungslösungen, weil die Anforderungen an die drei Funktionen Schutz, Logistik und Marketing (insbesondere der darin enthaltene Conveniencebereich) unterschiedlich sind.

## 7.2 Recycling vs. Entsorgung

Das Resultat wird stark beeinflusst vom Ersatzpotential des rezyklierten Materials und vom Energienutzungsgrad der betrachteten KVA. Bei Kunststoff nimmt die Qualität meistens mit jedem Zyklus ab, z.B. auf Grund von Verunreinigung und Verkürzung der Polymerketten, so dass oftmals nicht 1:1 Primärmaterial ersetzt werden kann. Dies führt zu zwei unterschiedlichen Betrachtungsweisen: Einerseits wird z. B. ein Rohr oft nicht zu 100 % aus rezykliertem PE hergestellt sondern nur zu ca. 15 %. Für diese 15 % wird jedoch praktisch 1:1 Primärmaterial mit rezykliertem PE ersetzt. Somit ist faktisch ein 100 % werkstofflicher Ersatz gegeben. Andererseits gibt es Anwendungen, bei denen eine höhere Menge Rezyklate eingesetzt werden müssen, um dieselben Eigenschaften zu erhalten wie das entsprechende Produkt aus Neumaterial. Erfahrungen aus der Praxis deuten darauf hin, dass ein Ersatz von 90 % Primärmaterial oben beschriebenen Punkten am ehesten Rechnung trägt.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem werkstofflichen Recycling und der Verwertung in einer KVA besteht darin, dass beim werkstofflichen Recycling das Material, wenn auch aufgrund von Verlusten in etwas geringeren Mengen, immer noch vorliegt und damit für die anderen Verwertungswege offen steht.

Die Untersuchungen von PET-, PE- und Getränkekartonrecycling zeigen, dass sich das Recycling aus Sicht der Ökologie lohnt im Vergleich zur Entsorgung in einer KVA. Für die untersuchten Stoffe macht es somit Sinn, sie solange wie möglich im Kreislauf der stofflichen Verwertung zu halten und erst wenn es z. B. aus Qualitätsgründen nicht mehr möglich ist, die Stoffe in einer KVA mit der entsprechenden energetischen Verwertung zu entsorgen.





## 8 Literatur

### **Ball 2012**

Nachhaltigkeitsbericht von Ball 2011. Heruntergeladen von [http://www.ems-p.de/newsletter2011/03/files/Ball\\_Nachhaltigkeitsbericht\\_de.pdf](http://www.ems-p.de/newsletter2011/03/files/Ball_Nachhaltigkeitsbericht_de.pdf), 3.3.2013

### **BFE 2011**

Bundesamt für Energie (2011). Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2011. BFE

### **BFS 2012**

Bundesamt für Statistik (2012). Recycling – Sammelquoten der Haushalts- und Gewerbeabfälle. BFS

### **BFS 2012**

Bundesamt für Strassen (2012). Sachtransportfahrzeuge nach Emissionskategorien (Euronormen). BFS

### **Bosch 2013**

Technical Specs of Dishwasher SMS40A08, BOSCH website: [http://www.bosch-home.co.uk/our-products/dishwashers/fullsize-1084\\_dishwashers/dishwasher-range/SMS40A08GB.html?source=browse](http://www.bosch-home.co.uk/our-products/dishwashers/fullsize-1084_dishwashers/dishwasher-range/SMS40A08GB.html?source=browse) .  
Mai 2013

### **Brauerei Locher AG 2009**

Kägi T. und Wettstein D. (2009). Klimabilanz von Produkten der Brauerei Locher AG. Myclimate im Auftrag von Brauerei Locher AG (vertrauliches Dokument).

### **CML 2001**

Guinée, J.B. (2001). Life cycle assessment; An operational guide to the ISO standards; Characterisation and Normalisation Factors. 2001, CML.

### **Dinkel 2008**

Dinkel F. (2008). Ökologischer Nutzen des PET-Recycling Schweiz im Auftrag von PET-Recycling Schweiz (PRS). Vertrauliche Studie

### **Dinkel 2011**

Dinkel F. (2011). Ökoeffizienzanalyse von Getränkekarton-Recycling im Auftrag von Tetra Pak, Elopak und SIG Combiblock

### **Dinkel et al. 2009**

Dinkel F., Rüttimann S. und Stettler C. (2009). Ökobilanz Verpackungen Wein im Auftrag von Delinat AG

### **Dinkel und Franov 2008**

Dinkel F. und Franov E. (2008). Ökobilanzen zwischen Aussagekraft und blinder Normentreue  
Was heisst schon "korrekte Ökobilanzen"? in Umwelt Perspektiven, 2008

### **Dinkel und Stettler 2011**

Dinkel F. und Stettler C. (2011). Ökologischer Nutzen des PE Folien Recyclings Schweiz (Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe) - Ökoeffizienzanalyse von Kunststoff-Folien Recycling im Auftrag des BAFU

**EAA 2008**

European Aluminium Association (2008). Environmental Profile Report for the European Aluminium Industry. Life Cycle Inventory data for aluminium production and transformation processes in Europe. Heruntergeladen von [http://www.alueurope.eu/wp-content/uploads/2011/08/EAA\\_Environmental\\_profile\\_report-May081.pdf](http://www.alueurope.eu/wp-content/uploads/2011/08/EAA_Environmental_profile_report-May081.pdf), 3.3.2013

**Eco-Indicator 99**

The Eco-indicator 99 (2001). A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment, Methodology Report, Third edition, PRé Consultants B.V., Amersfoort, 22 June 2001.

**ecoinvent V2.2**

Ökoinventare von Energiesystemen, Transporten und Grundmaterialien, Version 2.2, 2010.

**Franke 2013**

Angaben zum Stahltank (keg) 50L und 20L. Heruntergeladen von <http://www.franke.com>, 3.3.2013

**Galitsky et al. 2003**

Galitsky C., Martin N., Worrell E. und Lehman B. (2003). Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Breweries – An ENERGY STAR Guide for Energy and Plant Managers. Berkeley Lab, sponsored by the U.S. Environmental Protection Agency

**Gastgewerbe-Magazin 2004**

Gastgewerbe-Magazin (2004). Bier-Schankverluste trüben die Gewinne. Gastgewerbe-Magazin 5/2004. Heruntergeladen von <http://www.padelat.de/NEWS/A.Padelat%20Registrierkassen%20Schankanlagen%20Verflossene%20Umsaetze%20%20InfoFrame.htm>, 4.6.2013

**Gilgen et al. 2001**

Gilgen P.W., Dinkel F., Grether T. (2001). Die Aluminium-Getränkedose. Die Ergebnisse der EMPA-Nachhaltigkeitsstudie. Im Auftrag der IGORA-Genossenschaft, Zürich

**Hoerr 2009**

Hoerr P.R. (2009). Vergleichende CO<sub>2</sub>-Bewertung von Mehrweg- und Einwegsystemen am Beispiel der Peter Riegel Weinimport GmbH. Masterarbeit an der Justus-Liebig Universität, Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement. Heruntergeladen von [http://www.riegel.de/tl\\_files/downloads/Mehrwegstudie\\_Download\\_Peter\\_Riegel\\_Weinimport\\_GmbH.pdf](http://www.riegel.de/tl_files/downloads/Mehrwegstudie_Download_Peter_Riegel_Weinimport_GmbH.pdf), 3.6.2013

**IFEU 2010**

Krüger M., Theis S., Kunze S. und Detzel A. (2010). Ökobilanzielle Untersuchung verschiedener Verpackungssysteme für Bier. Ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg GmbH. Im Auftrag von BCME

**ILCD 2010**

International Reference Life Cycle Data System (2010). ILCD handbook – General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance. First edition March 2010. European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability. EUR 24708 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union

**IMPACT 2002+**

Jolliet O., Margni M., Charles R., Humbert S., Payet J. Rebitzer G. and Rosenbaum R. (2003). IMPACT 2002+ : A new life cycle impact assessment methodology. Industrial Ecology & Life Systems Group, GECOS, Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (EPFL), 2007

**IPCC 2007**

IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. In: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2007

**ISO, 2006a.**

ISO 14'040, in Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. 2006: Geneva.

**ISO, 2006b.**

ISO 14'040, in Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. 2006: Geneva.

**Itten et al. 2012**

Itten R., Frischknecht R. and Stucki M. (2012), Life Cycle Inventories of Electricity Mixes and Grid. ESU-services Ltd., Uster, CH. Runtergeladen von <http://www.esu-services.ch/data/public-lci-reports/lcidownload/>

**Jungbluth 2000**

Jungbluth N. (2000). Umweltfolgen des Nahrungsmittelkonsums: Beurteilung von Produktmerkmalen auf Grundlage einer modularen Ökobilanz. Dissertation an der ETH Zürich

**KEA 2012**

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt [Hrsg.]: VDI 4600 – Kumulierte Energieaufwand (KEA). Beuth Verlag, Berlin 2012.

**Kull et al. 2007**

Kull T., Chudacoff M. und von Däniken A. (2007). Vergleichende Ökobilanz von Getränkeverpackungen (Karton, HDPE, PET). Ecosens AG im Auftrag der Tetra Pak Schweiz AG. Vertrauliche Studie

**Methode der ökologischen Knappheit 2006**

Frischknecht R., Steiner R., und Jungbluth N. (2008). Ökobilanzen: Methode der ökologischen Knappheit – Ökofaktoren 2006. Methode für die Wirkungsabschätzungen in Ökobilanzen. Öbu SR 28/2008.

**Methode der ökologischen Knappheit 2013**

Frisknecht R., Büsser Knöpfel S., 2013: Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Umweltwissen Nr 1330, Bern: 278 S.....

**Mietmateriallisten Offenausschank 2012**

Download von [www.feldschloessen.com](http://www.feldschloessen.com) und [www.aarebier.ch](http://www.aarebier.ch), 3.1.2013

**NatureWorks 2010**

Vink E.T.H, Davies S. and Kolstad J.L (2010). The eco-profile for current Ingeo polylactide production. Industrial Biotechnology, Vol 6, No. 4, 2010. Heruntergeladen von [http://www.natureworkslc.com/~media/The\\_Ingeo\\_Journey/EcoProfile\\_LCA/EcoProfile/NTR\\_Eco\\_Profile\\_Industrial\\_Biotechnology\\_082010\\_pdf.pdf](http://www.natureworkslc.com/~media/The_Ingeo_Journey/EcoProfile_LCA/EcoProfile/NTR_Eco_Profile_Industrial_Biotechnology_082010_pdf.pdf), 3.3.2013

**Logistik 2013**

Anonymisiert (2013). Logistikdaten diverser Getränkegruppen. Vertrauliche Daten.

**PlasticsEurope 2010**

PET Injection stretch blow moulding (2010). Eco-profiles of the European Plastics Industry. Download von [plasticseurope.com](http://plasticseurope.com)

**PlasticsEurope 2012**

PlasticsEurope (2012). Eco-profiles of Polystyrol (GPPS) / PET of the European Plastics Industry. Download von [plasticseurope.com](http://plasticseurope.com)

**Pladerer et al. 2008**

Pladerer C., Dehoust G. und Dinkel F. (2008). Ökobilanz von Mehrweg- und Einwegbechern an der Euro 08 im Auftrag der Umweltministerien DE, AT, CH.

**PRS 2013**

Persönliche Mitteilung von Erfassungsdaten von PET Recycling Schweiz. Email vom 28.1.2013

**ReCiPe 2008**

Goedkoop M.J., Heijungs R., Huijbregts M., De Schryver A., Struijs J., Van Zelm R., ReCiPe 2008, A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level; First edition Report I: Characterisation; 6 January 2008

**Rytec 2012**

Rytec (2012). Einheitliche Heizwert- und Energiekennzahlenberechnung der Schweizer KVA nach europäischem Standardverfahren. Im Auftrag vom BAFU und BFE

**Schenker (2013)**

Persönliche Angaben von Schenker M. (Tetra Pak Schweiz AG) und Babendererde C. Tetra Pak GmbH & Co KG, Juni 2013.

**Schori und Frisknecht 2012**

Schori S. and Frisknecht R. (2012). Life Cycle Inventory of Natural Gas Supply. ESU-services Ltd., Uster, CH, commissioned by the Swiss Federal Office of Energy SFOE.

**Stora 1998**

Stora (1998). LCA Graphic Paper and Print Products, Part 1: Proposal for a new forestry assessment method in LCA, Part 2: Report on industrial process assessment, Stora – Axel Springer Verlag AG – Canfor – Infrac

**Stettler und Dinkel 2009**

Stettler C. und Dinkel F. (2009). Ökologischer Nutzen der Verwertungen von Altglas im Auftrag des BAFU.

**SVI 1997**

Schweizerisches Verpackungsinstitut SVI (1997). Anleitung für ganzheitliches Verpackungsdenken. Arbeitsgruppe VERPACKUNG der Schweizerischen Vereinigung für ökologisch bewusste Unternehmensführung (Ö.B.U.), St. Gallen, 2. Überarbeitete Auflage.

**Vetropack 2013**

Download von [www.katalog.vetropack.com](http://www.katalog.vetropack.com), 3.3.2013

**Wagner & Partner SA 2002**

Wagner & Partner SA Beratung / Engineering, Montreux (2002). «Einweg- und Mehrweg-Verpackungen für karbonisierte Getränke im ökologischen Vergleich (EW-MW-Studie)» im Auftrag von Buwal (Behörde), Altoplast Claropac AG und Femit Plastic AG (PET-Verarbeiter), ITW Poly Recycling AG (PET-Recycling-Firma), Igora-Genossenschaft für Alurecycling und Verein PET-Recycling Schweiz (Sammelorganisationen). Apeal (Verband), Coca-Cola AG, Mineralquelle Eglisau AG, Passugger Heilquellen AG, Rivella AG, Valser Mineralquellen AG (Abfüllbetriebe)

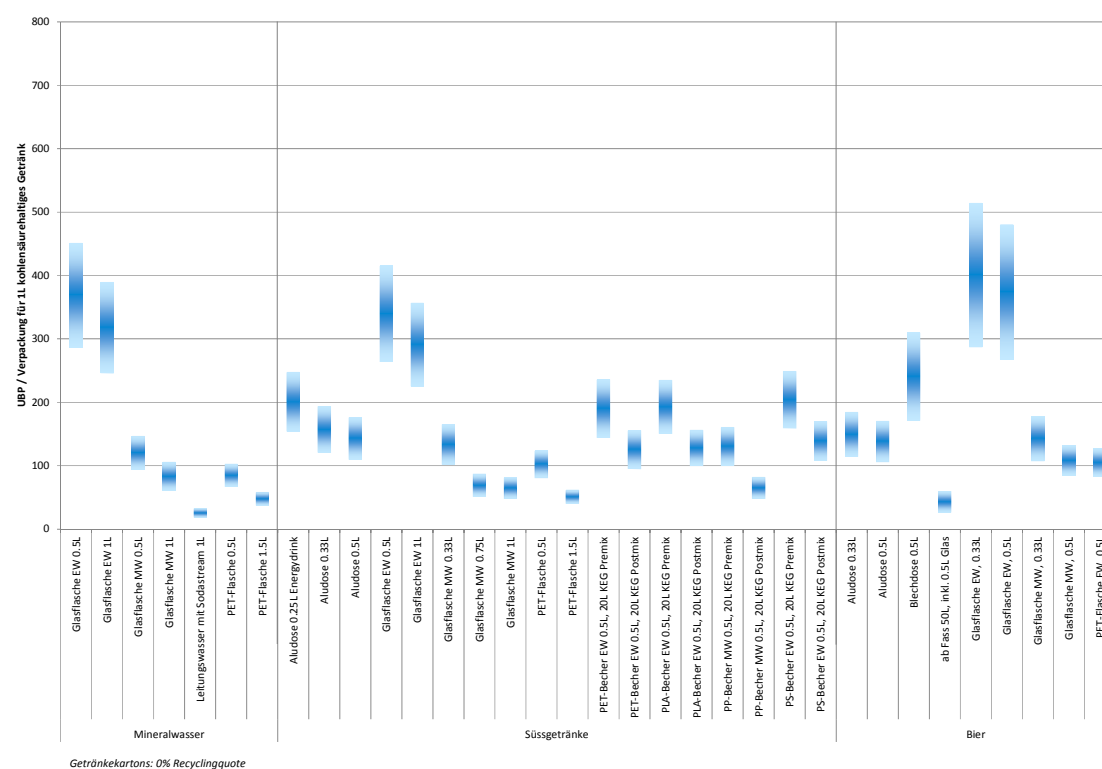
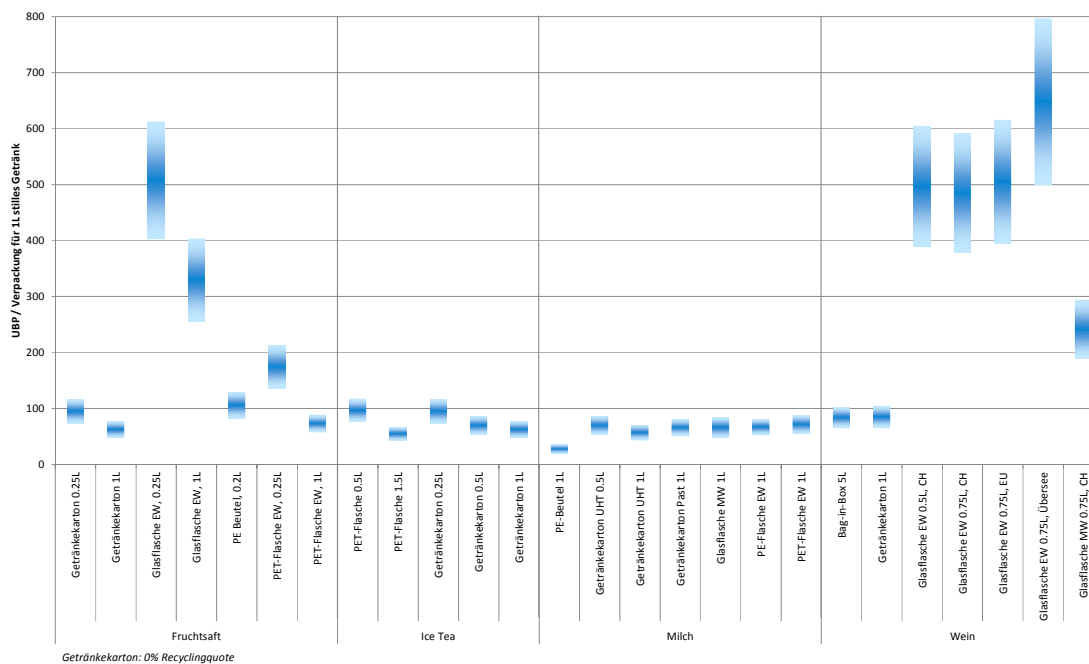
**Wiegand Glas 2013**

Download von [www.wiegandglas.de](http://www.wiegandglas.de), 3.3.2013

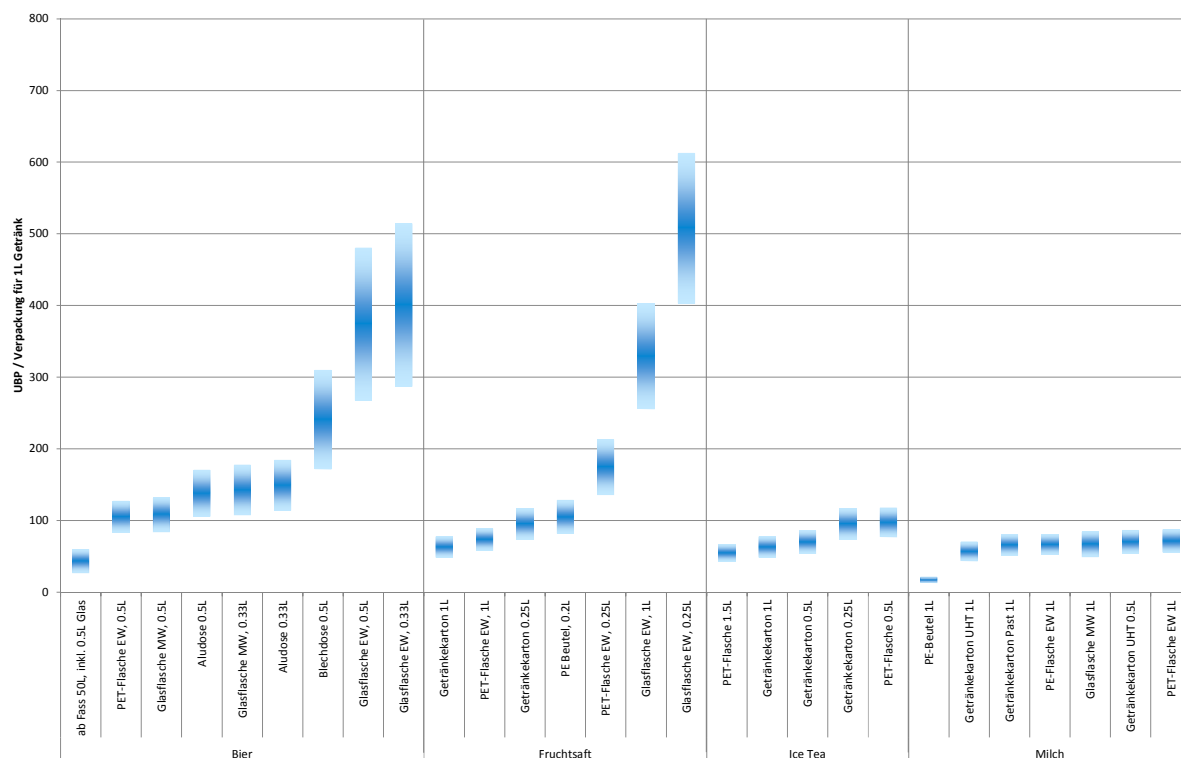


# Anhang

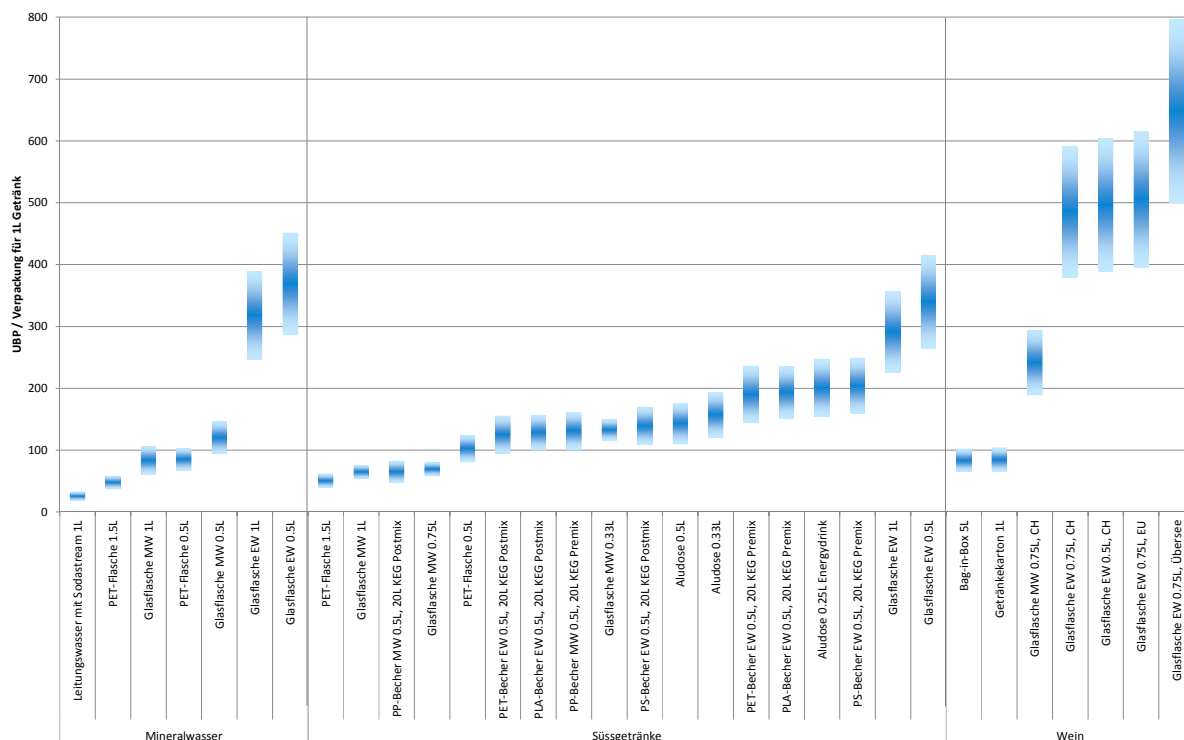
## A1 Resultate stille und kohlenensäurehaltige Getränke



# A2 Resultate pro Getränkegruppe, sortiert



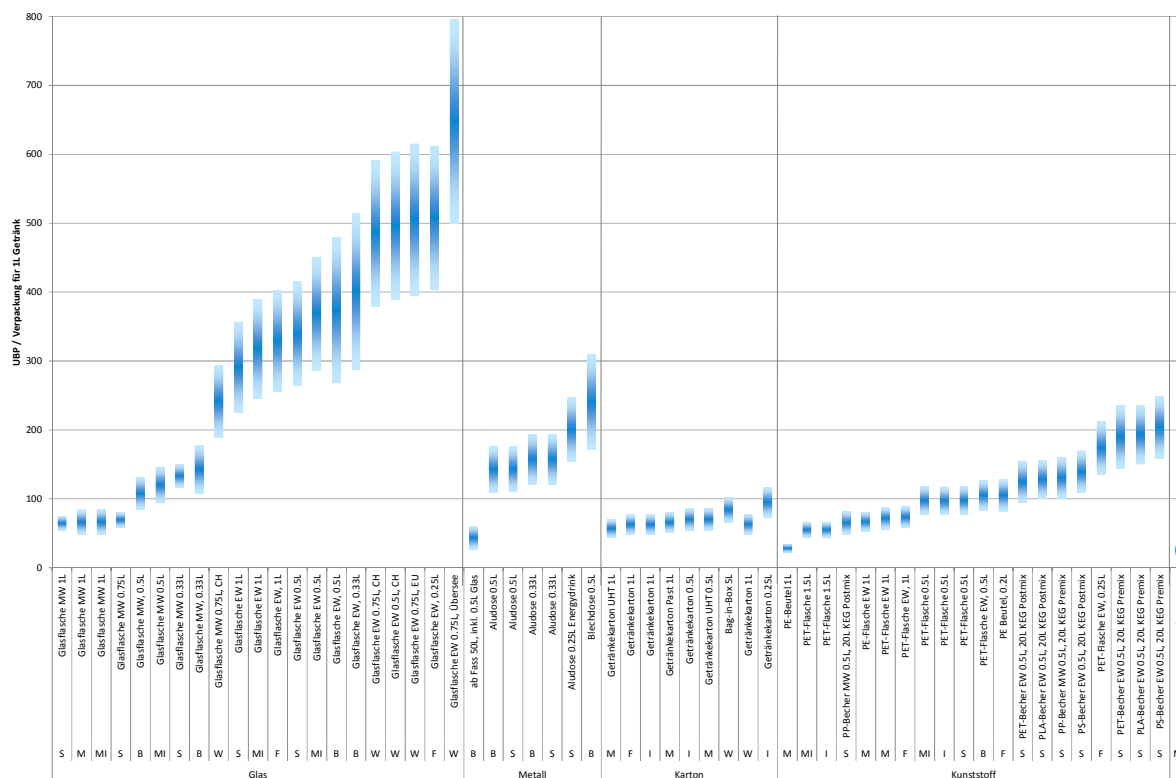
Getränkkartons: 0% Recyclingquote



Getränkkartons: 0% Recyclingquote

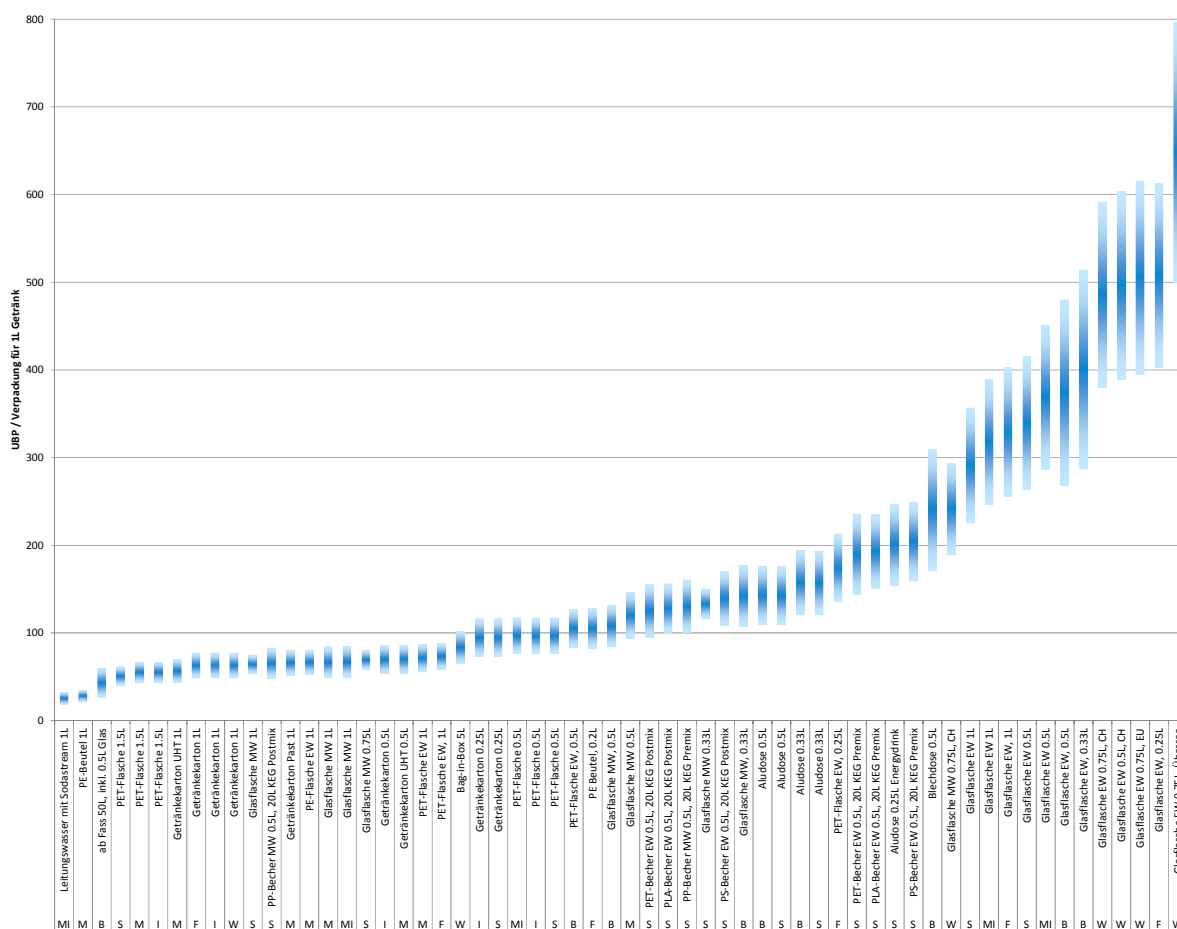


# A3 Resultate pro Materialtyp, sortiert



Getränktyp - B: Bier, F: Fruchtsaft, I: Ice Tea, M: Milch, MI: Mineralwasser, S: Süssgetränk, W: Wein  
 Getränkekartons: 0% Recyclingquote

# A4 Resultate Gesamtüberblick, sortiert



Getränktyp - B: Bier, F: Fruchtsaft, I: Ice Tea, M: Milch, MI: Mineralwasser, S: Süssgetränk, W: Wein Getränkekartons: 0% Recyclingquote

Auf Wunsch des BAFU wird an dieser Stelle zusätzlich der Kommentar des externen Gutachters zur obigen Abbildung abgebildet:

Die durchgehende Anordnung der Umweltbeanspruchung der einundfünfzig untersuchten Getränkeverpackungen (zusätzlich und zum Vergleich: Leitungswasser + Sodastream) gemäss durchgehend ansteigenden UBP-Werten erscheint dem Gutachter besonders aufschlussreich zu sein:

Zu erkennen sind:

- ein breiter Bereich («Plateau», ca. 50 bis ca. 200 UBP), in welchem die Umweltbeanspruchungen von nahezu drei Dutzend Getränkeverpackungen nur langsam ansteigen.
- ein schmalerer Bereich («Flanke»), in welchem die Umweltbeanspruchungen von etwas mehr als einem Dutzend Getränkeverpackungen rasch ansteigen.

Nach unten zu tiefen bzw. nach oben zu hohen UBP-Werten erscheinen bloss noch einzelne Getränkeverpackungen: Der nur 8,6 Gramm schwere Milchbeutel aus PE sowie die 460 Gramm schwere Einweg-Glasflasche mit Wein aus Übersee (im Herkunftsgebiet abgefüllt), wo diese Getränkeverpackung somit, neben ihrer dortigen Herstellung (aber berechnet mit Vetropack-Daten 2013) und der bloss einmaligen Verwendung, als weitere ökologische Bürde auch noch sehr lange Transportwege zu tragen hat.

Werden die in den beiden Bereichen platzierten Getränkeverpackungen bezüglich ihrer Materialien und ihrer Einsatzformen untersucht, dann zeigt sich:

- im UBP-Bereich «Plateau» sind die Getränkeverpackungen
  - entweder leicht (Kunststoff, Karton, Aluminium, kombiniert mit hohen Recyclingquoten)
  - und/oder werden sie mehrfach genutzt (Glas-Mehrweg).
- im UBP-Bereich «Flanke» sind die Getränkeverpackungen
  - entweder schwer (Weissblech)
  - und/oder werden sie nur einmal genutzt (Glas-Einweg).

Die deutlich verschiedene Umweltbeanspruchung, welche somit Material und Einsatzform von Getränkeverpackungen zur Folge haben, ist ein wesentliches Kriterium für deren Weiterentwicklung und beständige Verbesserung.

---

## A5 Die Bedeutung von 100 UBP

Viele Getränkeverpackungen weisen eine Umweltbelastung zwischen 50 und 200 UBP auf. Um die Bedeutung dieser Umweltbelastung greifbarer zu machen, sind in der folgenden Tabelle 20 verschiedene alltägliche Produkte oder Aktivitäten aufgelistet, welche 100 UBP entsprechen.

**Tabelle 20: 100 UBP ausgedrückt in ausgewählten Produkten oder Aktivitäten**

Kategorie	Produkt oder Aktivität	Menge, die ungefähr 100 UBP entspricht
Verkehr	Autofahrt (mit durchschnittlicher Auslastung von 1.6 Personen)	500 m
	Zugfahrt mit der SBB (1 Person)	3300 m
	Flugreise innerhalb Europas (1 Person)	600 m
Kleidung und Hygiene	Textilprodukt	1 g
	Seife	30 g
	WC-Papier (FSC)	1/2 Rolle
Papier	Grafisches Recyclingpapier 80g/m <sup>2</sup>	20 Blatt Papier A4
	Grafisches FSC-Papier 80g/m <sup>2</sup>	6 Blatt Papier A4
Nahrungsmittel	Rindfleisch	3 g
	Brot	10 g
	Bier	1 dl
	Zucker	64 g
Elektrizität	Nutzung Laptop	3 h
	Licht einer 12 Watt Energiesparlampe	24 h
	Schweizer Strom-Mix, ab Steckdose	0.27 kWh
Heizen	Heizen mit Gas	0.06 m <sup>3</sup> Erdgas
	Heizen mit Öl	34g Heizöl
Lebensstil	Zeitraum, in welchem eine CH-Person mit durchschnittlichem Lebensstil 100 UBP generiert	4 min 40 s

## **A6 Kritische Stellungnahme (Peer Review) des Gutachters zur Studie**

Die kritische Stellungnahme des Gutachters zur Studie ist ab der folgenden Seite als eigenständiges Dokument angehängt.

Kritische Stellungnahme (Peer Review) des Gutachters zur Studie

## «Ökobilanz Getränkeverpackungen»

**Auftraggeberin der Studie:**

Isabelle Baudin

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Abfall und Rohstoffe, 3003 Bern

**Auftragnehmer der Studie:**

Carbotech AG, Postfach, 4002 Basel

**Verfasser der Studie:**

Dr. Fredy Dinkel (Projektleitung), Thomas Kägi

**Datum der Studie:**

8. Juli 2014

# Bericht zur Kritischen Prüfung

von

**Paul W. Gilgen**

9100 Herisau

zu Händen der Auftraggeberin der Kritischen Stellungnahme:

**Isabelle Baudin**

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Abfall und Rohstoffe, 3003 Bern

11. Juli 2014

## Inhalt

	Seite
<b>1 Vorbemerkungen</b>	3
<b>2 Aufgabenstellung an die Auftragnehmer der Ökobilanz-Studie</b>	4
<b>3 Kritische Begleitung von neun Arbeitssitzungen</b>	4
<b>4 Detailliert überprüfte Belange</b>	4
<b>5 Summarisch überprüfte Belange</b>	7
<b>6 Nicht überprüfte Belange</b>	7
<b>7 Ergebnisse</b>	7
<b>8 Fazit</b>	9
<b>Anschrift des Gutachters</b>	10

## 1 Vorbemerkungen

Die zu begutachtende «Ökobilanz Getränkeverpackungen» vom 8. Juli 2014 der Carbotech AG ist die methodisch und inhaltlich vollkommen überarbeitete, sowie bezüglich untersuchter Verpackungen stark erweiterte Neuausgabe der vormaligen Studie «Einweg- und Mehrweg-Verpackungen für karbonisierte Getränke im ökologischen Vergleich»; veröffentlicht im Jahr 2003, erstellt von Wagner & Partner SA. Die damalige Studie lieferte Informationen über die Umweltbeanspruchung zu jenen Getränkeverpackungen, welche in den Jahren vor 2002 als marktrelevant betrachtet worden sind. In den deutlich mehr als zehn Jahren seitdem haben sich sowohl Konsumgewohnheiten, Gegebenheiten des Marktes, Separatsammlungen und Recyclingquoten als auch die Getränkeverpackungen selber sehr erheblich verändert. All dies wird in der zu begutachtenden Studie berücksichtigt.

Zudem soll die Überführung des Sachbilanz-Inventars (die ein ingenieurwissenschaftliches, mithin objektives Bild der Prozesse darstellt) in die Wirkbilanz (deren Methodologie, obgleich heute weitgehend akzeptiert, gewissen subjektiven Präferenzen folgt) gemäss UBP 13 als Hauptmethode erfolgen, d.h. dem Verfahren der ökologischen Knappheit, basierend auf den Zahlenwerten, die im Jahre 2013 erhältlich waren. In der vorherigen Studie von Wagner & Partner wurde noch die Bewertungsmethode Eco-Indicator 99 herangezogen.

Alle diese Erweiterungen und Verbesserungen finden die vorbehaltlose Zustimmung des Gutachters.

Die Peer Review Prüfung einer Ökobilanz kann grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten durchgeführt werden:

- als kritische Begleitung während der Erarbeitung der Ökobilanz durch den Auftragnehmer der Studie;
- als kritische Stellungnahme nach Abschluss der Ökobilanz und Fertigstellung durch den Auftragnehmer der Studie.

Der Vorteil der kritischen Begleitung besteht darin, dass die inhaltliche und formale Qualität der fertiggestellten Ökobilanz von der stetigen Mitwirkung des Gutachters profitieren und dementsprechend hoch sind; einen gewissen Nachteil mag man darin sehen, dass die Mitwirkung des Gutachters als solche nicht mehr separat ersichtlich ist.

Beurteilt der Gutachter eine Ökobilanz erst nach deren Abschluss, so bleiben die von ihm monierten Mängel der Ökobilanz bestehen, dafür ist seine Kritik als solche separat ersichtlich.

Im vorliegenden Fall wurde gemäss der ersten Art vorgegangen, der kritischen Begleitung durch den Gutachter während der Erarbeitung der Ökobilanz durch die Mitarbeitenden der Carbotech AG.



## 2 Aufgabenstellung an die Auftragnehmer der Ökobilanz-Studie

Frau Isabelle Baudin, die Auftraggeberin im Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Abfall und Rohstoffe, hat im Auftrag an die Carbotech AG u.a. folgendes formuliert:

«Die Firma Carbotech AG wird beauftragt, mit einer Ökobilanz-Studie die nachfolgend aufgeführten zwei Fragen zu beantworten:

- ① Welche Verpackung ist für eine bestimmte Getränkeart und Menge (z.B. für 1 Liter Orangensaft zuhause konsumiert, oder für 5 Deziliter Erfrischungsgetränk unterwegs konsumiert) die ökologisch vorteilhafteste Verpackungslösung?  
Gibt es für eine bestimmte Getränkeart eine Verpackung, deren Verwendung gefördert werden sollte?
- ② Ab welcher Sammelmenge/-quote ist für eine bestimmte Verpackung (PET-Flasche, PE-Flasche, Getränkekarton) die stoffliche Verwertung gegenüber der energetischen Nutzung ökologisch vorteilhaft?»

## 3 Kritische Begleitung von neun Arbeitssitzungen

Der Gutachter hat neun Arbeitssitzungen kritisch begleitet und sich jeweils deutlich eingebracht.

Die vom Gutachter aufgeworfenen Fragen, seine Einwände, Anregungen, Änderungs-, Erweiterungs- und Verbesserungsvorschläge sind in den durchwegs lebhaften Diskussionen allesamt akzeptiert worden.

## 4 Detailliert überprüfte Belange

Hier geht es zum einen darum, vorrangig jene Belange detailliert zu durchleuchten, deren Festlegung – bzw. und noch stärker: die hierfür benutzten Kriterien – die Ergebnisse der gesamten Ökobilanz-Studie stark determinieren. Diese Belange sind zumeist in den Voraussetzungen, Annahmen und sonstigen Randbedingungen ganz zu Beginn der Studie angesiedelt.

Deshalb sind folgende zehn Belange, welche wie beschrieben eine grosse Auswirkung auf die Ergebnisse der Ökobilanz-Studie haben, **durch den Gutachter kritisch und detailliert wie folgt beurteilt** worden:

- Ist die ökobilanzielle Untersuchung methodisch gemäss der ISO-Norm 14'040 ff. durchgeführt worden?  
 Ja, die Ökobilanz-Studie folgt der ISO-Norm 14'040 ff.  
 Die einzige Abweichung: Entgegen der expliziten und begründeten Empfehlung der Norm, bei vergleichenden Ökobilanzen welche für die Öffentlichkeit bestimmt sind, keine gesamtaggregierenden Bewertungsmethoden zu benutzen, werden hier derartige Verfahren herangezogen, nämlich ReCiPe, Eco-Indicator 99 und ökologische Knappheit 2013 (UBP). Den Argumenten der Auftragnehmer der Studie kann mehrheitlich zugestimmt werden. Dadurch, dass die Bewertung der ermittelten Umweltbeanspruchungen nicht bloss mit einer, sondern mit drei gesamtaggregierende Methoden vorgenommen wird, kann zumindest die Richtung der jeweiligen Hauptaussagen überprüft werden.
- Ist die funktionelle Einheit sowohl sinnvoll als auch dergestalt definiert, dass sie die Beantwortung der beiden BAFU-Aufgabenstellungen ermöglicht?  
 Ja. Für die erste Aufgabenstellung wird 1 Liter Getränk definiert, je für den Konsum zuhause und für den Konsum unterwegs. Und für die zweite Aufgabenstellung werden je 1 Tonne Getränkeverpackungen stofflich verwertet bzw. in einer KVA energetisch genutzt.
- Sind die Systemgrenzen bzgl. inhaltlicher, zeitlicher und räumlicher Abgrenzung plausibel gezogen?  
 Ja, alle drei Dimensionen sind vernünftig festgelegt.
- Werden die Systeme dergestalt erweitert, dass der Nutzen der je daraus entspringenden Produkte vergleichbar wird?  
 Ja, die Erweiterung zu vergleichbaren Nutzen der Systeme erfolgt korrekt.
- Sind Distribution und Retro-Distribution so modelliert, dass sie die aktuellen Verhältnisse in der Schweiz korrekt abbilden?  
 Ja, die schweizerischen Gegebenheiten sind richtig dargestellt.
- Entsprechen die betrachteten Verwertungsszenarien der schweizerischen Praxis?  
 Ja, sowohl die Quoten beim Recycling (und dem vorgängigen Sammeln) als auch die anteiligen Mengen bei der Wiederverwendung sowie das Ausmass der Energienutzung in den KVA stimmen mit der Realität überein.
- Stimmen die beim Recycling gewählten Allokationsansätze mit den entsprechenden ISO-Normen überein?  
 Ja, die Stoffflüsse «closed loop» bzw. «open loop» werden, methodisch korrekt, unterschiedlich behandelt.
- Rechtfertigen die Sensitivitätsanalysen die getroffenen Vereinfachungen sowie die Aussagen zur Signifikanz der Ergebnisse?  
 Ja, so wird z.B. beim Vergleich des Transportes von Glas-Mehrweg- mit PET-Flaschen sowohl textlich als auch grafisch deutlich gemacht, dass dies innerhalb üblicher Distributionsrayons in der Schweiz zu sehr ähnlichen Umweltbeanspruchungen führt.
- Werden die unvermeidlich grossen Streubreiten der rechnerisch ermittelten, zifferngenauen Ergebnisse hinreichend deutlich dargestellt?  
 Ja, darauf wird mehrfach hingewiesen; u.a. auch mit der expliziten Aussage, dass LCA-Ergebnisse nur dann signifikant unterschiedlich sind, mithin als verschieden voneinander betrachtet werden dürfen, wenn deren numerische Resultate um zumindest 50% auseinander liegen. Und in den Grafiken der LCA-Ergebnisse sind die UBP-Werte nicht als exakte Zahl, sondern als Zahlenbereich mit der zugehörigen breiten Streuung dargestellt.

- Weist die Studie irgendwelche Eigenheiten auf, welche trotz dargestellten Begründungen nicht zu akzeptieren sind?

Nein, die Endfassung der vom BAFU in Auftrag gegebene Studie «Ökobilanz Getränkeverpackungen – 8. Juli 2014» der Carbotech AG weist keine solchen Eigenheiten auf.

Aber zum andern sollen zusätzlich jene Belange genau überprüft werden, deren Inhalte überaus weitreichende Konsequenzen in Umwelt-, Wirtschafts- und Konsumentenpolitik nach sich ziehen. Genau deswegen ist das stoffliche Recycling gebrauchter Getränkekarton-Verpackungen separat unter die Lupe genommen worden, denn dessen landesweite Einführung hätte diese Folgen in den erwähnten drei Politikbereichen:

- Ist der Unterschied zwischen Sammel- und Recyclingquote korrekt dargestellt?  
Ja, und zwar bereits zu Beginn der Darstellung, wie in der Studie das Recycling und dessen Allokationsmöglichkeiten behandelt worden.
- Ist die BAFU-Vorgabe, für die LCA-Berechnungen des zukünftigen stofflichen Recyclings gebrauchter Getränkekarton-Verpackungen sei eine Sammelquote von 70% anzunehmen, eingehalten worden?  
Ja, durchwegs ist eine Sammelquote von 70% zugrunde gelegt worden.
- Sind auch Sensitivitätsanalysen berechnet worden?  
Ja, auch dies ist gemacht worden.
- Sind die drei hauptsächlichen Recyclingverfahren (Aufarbeitung nur des Getränkekartons, mit dabei anfallendem sog. Reject; Aufarbeitung des Getränkekartons, das dabei anfallende Reject wird in einem Zementwerk verbrannt; Aufarbeitung sowohl des Getränkekartons als auch der Polyethylen-Folie und der hauchdünnen Aluminium-Sperrschicht), mit welchen gebrauchte Getränkekarton-Verpackungen stofflich aufgearbeitet werden, aufgenommen und deren Ergebnisse je separat dargestellt?  
Ja, die drei Recyclingverfahren sind korrekt behandelt.  
Ihre Ergebnisse bei den Verpackungen für Fruchtsaft, Eistee, Milch und Wein sind den jeweiligen Verpackungen aus alternativen Packstoffen gemäss den Anregungen des Gutachters gegenübergestellt.

Dieser letzte Punkt ist insofern von besonderer Bedeutung, als Getränkekarton-Verpackungen, die mit einer Sammelquote von 70% dem stofflichen Recycling zugeführt werden, mit zu den Verpackungen mit den tiefsten Umweltbelastungspunkten (UBP) überhaupt gehören.

- Stützen die berechneten LCA-Ergebnisse die Absicht verschiedenster Interessengruppen, gebrauchte Getränkekarton-Verpackungen zu sammeln und sie dem stofflichen Recycling zuzuführen?  
Ja, und dies deutlich, wie Abbildung 65 belegt:  
Mit einer angenommenen Sammelquote von 70% sind, verglichen mit der Entsorgung in einer schweizerischen Kehrichtverbrennungsanlage (KVA) und je nach Recyclingverfahren, Minderungen der Umweltbeanspruchung bis nahezu zur Halbierung erreichbar.

Zusätzlich zu diesen deutlichen LCA-Ergebnissen stützen die diesbezüglichen positiven Erfahrungen in Deutschland (Sammelquote: 60%) und in Österreich (Sammelquote: 35%) die erwähnte Absicht, auch in der Schweiz das stoffliche Recycling gebrauchter Getränkekarton-Verpackungen einzurichten.

## 5 Summarisch überprüfte Belange

Folgende zwei Belange sind vom Gutachter summarisch überprüft worden:

- Das gesamte Kapitel «Datengrundlage Getränkeverpackungen», wo die Spezifikationen der neun untersuchten Behältnis-Gruppen mitsamt ihren verschiedensten Volumina, Verwendungszwecken, Konsumationsweisen, deren Handhabung (u.a. Kühlung, Waschen und Transport, Nutzungszyklen, Sekundärverpackungen, Logistik/Retro-Logistik) dargestellt werden.  
Der Gutachter beurteilt die Angaben als aktuell und plausibel nachvollziehbar.
- Im Kapitel «Resultate Getränkeverpackungen» sind die ermittelten Ergebnisse nach immer derselben Anordnung dargestellt: Art des Getränkes / Art des Konsums / grafische Darstellung für die verschiedenen Behältnisse / grafische Darstellung für die verschiedenen Bewertungsmethoden / textliche Erläuterung der genaueren Analyse der Umweltbeanspruchung in den verschiedenen Abschnitten des Lebenszyklus (mitsamt grafischen Darstellungen und den Angaben, wo die zugehörigen Begründungen geschrieben sind).  
Der Gutachter beurteilt diese durchgehende Gliederung in je fünf Abschnitte als in sich widerspruchsfrei, sagen die Texte doch nirgendwo etwas anderes als es die Grafiken tun. Die gegebenen Interpretationen sind allesamt nachvollziehbar.

## 6 Nicht überprüfte Belange

Die ökobilanziellen Berechnungen sind allesamt mit der bewährten Ökobilanz-Software EMIS<sup>®</sup> Version 5.7 durchgeführt worden, weshalb sich die separate arithmetische Überprüfung dieser Computerleistungen erübrigt. Als Basisdaten sind durchwegs die Werte aus ecoinvent<sup>®</sup> Version 2.2 verwendet worden; es ist dies die weltweit umfangreichste Öko-Datenbank, alle ihre Eintragungen sind durch erfahrene Ökobilanz-Experten international begutachtet und qualitätsgesichert aufgenommen worden. Somit darf auch hier auf eine separate Überprüfung verzichtet werden.

## 7 Ergebnisse

Die Getränke Bier, Fruchtsäfte, Eistee, Milch, Mineralwasser, Süssgetränke und Wein, abgefüllt in den verschiedensten markt- und konsumationsrelevanten (Convenience!) Behältnissen aus den Packstoffen Glas, Metall, Karton und Kunststoff führen kombinatorisch zu zahlreichen Varianten. In der Studie sind zweiundfünfzig Getränkeverpackungen (zusätzlich und zum Vergleich: Leitungswasser + Sodastream) untersucht worden. Die LCA-Ergebnisse (in UBP 13 pro Liter Getränk), welche unter den getroffenen und umfassend dokumentierten Annahmen berechnet wurden, sind im Anhang in mehreren Grafiken in ihrer Gesamtheit dargestellt (hierin teilweise dem Wunsch des Gutachters folgend), nämlich:

- angeordnet gemäss der Unterscheidung in stille und kohlenensäurehaltige Getränke:
  - Fruchtsaft, Eistee, Milch, Wein;
  - Mineralwasser, Süssgetränke, Bier;
- angeordnet gemäss den sieben Getränkegruppen:
  - Bier, Fruchtsäfte, Eistee, Milch, Mineralwasser, Süssgetränke, Wein;
- angeordnet gemäss den vier verwendeten Grundmaterialien der Getränkeverpackungen:
  - Glas, Metall, Karton, Kunststoff,
 und innerhalb dieser Kategorien gemäss durchgehend ansteigenden UBP-Werten;
- angeordnet gemäss durchgehend ansteigenden UBP-Werten.

Zusätzlich werden, wie vom Gutachter gewünscht, in einem weiteren Anhang die UBP-Werte in verschiedene Alltagserfahrungen übersetzt.

Die Kommentierungen dieser Ergebnisdarstellungen in der Endfassung der Studie werden durch den Gutachter wie folgt beurteilt:

- Sehr zu begrüßen ist die gleich zu Beginn gemachte, wichtige Feststellung, dass die Verpackung keinem Selbstzweck dient, sondern drei elementare, miteinander verbundene Funktionen erfüllt; diese sind, je nach Aufgabe, in unterschiedlicher Ausprägung realisiert: Schutz-, Logistik- und Marketingfunktion. Die drei Funktionen werden ausführlich beschrieben.
- In den achtzehn Erkenntnissen (angeordnet in fünf Gruppen) ist die höchst bedeutende Feststellung formuliert, dass es keine einzelne Getränkeverpackung gibt, welche sämtliche Anforderungen alleine zu erfüllen vermag; die Vielfalt an Getränkeverpackungen ist deshalb sowohl notwendig als auch wohlbegründet.
- Werden die Getränkekarton-Verpackungen mit einer (angenommenen) Sammelquote von 70% dem stofflichen Recycling zugeführt, dann vermindert sich deren Umweltbeanspruchung, verglichen mit dem status quo, markant um bis nahezu zur Hälfte. Die Absicht, in der Schweiz ein derartiges Sammel- und Recyclingsystem einzurichten, wird durch die LCA-Ergebnisse der Studie gestützt.
- Die positive Charakterisierung der Getränkeverpackungen aus PET ist aus rein ökologischer Sicht berechtigt; aber die Verdrängung der Glasflasche ist nicht der Ökologie, sondern vorrangig dem Marketing und der Ökonomie geschuldet.
- Sehr zu begrüßen ist die Feststellung, dass die alleinige Betrachtung des ökologischen Profils einer Verpackung, ohne gleichzeitige Betrachtung des ökologischen Profils des Inhaltes, zu unzulässigen Folgerungen führen kann.
- Im Anhang A4 wird gleich zu Beginn festgestellt, sehr viele Verpackungen für 1 Liter Getränk würden eine Umweltbeanspruchung zwischen 50 und 200 UBP aufweisen. Diese Zahlen werden als wenig aussagekräftig, weil allzu abstrakt empfunden. Anhand von Beispielen werden 100 Umweltbelastungspunkte geschickt in achtzehn verschiedene Alltagserfahrungen in sieben Kategorien übersetzt.
- Insgesamt kann der Abschnitt «Diskussion und Schlussfolgerung» als von ausreichender Breite und Tiefe eingestuft werden.

## 8 Fazit

Die zwei Fragen, mit deren Beantwortung das BAFU die Carbotech AG beauftragt hat, machten eine aufwendige, viele Zusammenhänge und zahlreiche Details zu berücksichtigende Ökobilanz-Studie notwendig. Obgleich als bloss aktualisierter und nachgeführter Anschluss an eine ähnlich gelagerte Studie von Wagner & Partner SA aus dem Jahre 2002 bezeichnet, übertrifft die nun vorliegende Arbeit die damalige Version in allen Belangen sehr deutlich, ja sie markiert einen eigentlichen Neubeginn in den langen Bemühungen um solide Antworten zu den ökologischen Profilen von Getränkeverpackungen und deren Bewertung. Es sind nicht nur die zuständigen Umweltbehörden von Bund, Kantonen und Gemeinden, die an solchen Ergebnissen von Amtes wegen interessiert sind; genauso sind es die Verpackungshersteller und deren Kunden in sämtlichen Abschnitten der Wertschöpfungskette, ebenso wie es die übrigen Anspruchsgruppen, z.B. Umweltorganisationen, umweltbewusste Konsumenten, Medien und viele andere mehr, auch sind. Für sie alle stellt die Carbotech-Studie «Ökobilanz Getränkeverpackungen – 8. Juli 2014» jene Grundlage bereit, die für Entscheidungen ab jetzt heranzuziehen ist. Die Fülle der dargestellten Daten macht die Studie zu einem eigentlichen Nachschlagewerk für Fragen rund um die Ökologie von Getränkeverpackungen.

**Der Gutachter attestiert der Studie in ihrer Endfassung das Prädikat «sehr gut».**

**Die Auftraggeberin der Ökobilanz erhält mit der Carbotech-Studie**

**«Ökobilanz Getränkeverpackungen – 8. Juli 2014»**

**eine mit der gebotenen Sorgfalt erarbeitete, aktuell und detailliert dargestellte Antwort auf die mit der Auftragserteilung gestellten Fragen.**

**Die Studie enthält Ergebnisse, welche für sämtliche Anspruchsgruppen wichtig sind und von diesen für ihre jeweiligen Entscheidungen genutzt werden können.**

Der Gutachter:



**Paul W. Gilgen, M.Sc.**

9100 Herisau, 11. Juli 2014

Der Gutachter war langjähriger Leiter der Empa-Forschungsabteilung «Ökologie».

Der Gutachter ist Ordentliches Einzelmitglied der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW).

## **Anschrift des Gutachters:**

Paul W. Gilgen  
Kasernenstrasse 40  
9100 Herisau

E-Mail [paul.gilgen@empa.ch](mailto:paul.gilgen@empa.ch)