

Bericht

Ökobilanz von PET-Flaschen mit unterschiedlichem Rezyklatanteil

Auftraggeber

Lukas Schuhmacher, PRS, Zürich
Jean-Claude Würmli, PRS, Zürich

Verfasser

Thomas Kägi, Carbotech AG, Zürich
Fredy Dinkel, Carbotech AG, Basel

Anzahl Seiten: 9
Basel, 25. Juni 2018

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung und Vorgehen	3
2 Auswahl der geeigneten Allokationsart	4
2.1 Allokationsansätze	4
2.1.1 Recycled Content Ansatz (Cut-Off)	4
2.1.2 Verursacherprinzip	4
2.1.3 Substitutionsprinzip (Recyclability substitution approach, ILCD 2010)	4
2.1.4 Fifty-fifty für open loop	5
2.2 Auswahl der geeigneten Allokationsmethode	5
2.2.1 Was soll aus Umweltsicht am besten mit einer gewissen Sammelmenge an PET gemacht werden?	5
2.2.2 Wie sollen PET-Flaschen aus Umweltsicht am besten produziert werden?	6
3 Resultate	7
4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen	8
5 Literatur	9

1 Zielsetzung und Vorgehen

Im Rahmen dieses Projektes soll abgeklärt werden, ob sich der Einsatz von PET-Rezyklat (rPET) bei der Flaschenherstellung aus ökologischer Sicht lohnt und falls ja, wie hoch dieser Nutzen ist.

Im ersten Moment scheint die Antwort klar zu sein, da die Herstellung von PET-Rezyklat geringere Umweltauswirkungen hat als die Herstellung von primärem PET (vPET). Dabei sind jedoch zwei wesentliche Punkte zu beachten:

- Der Einsatz von rPET bewirkt, dass die Flaschen schwerer sind.
 - 1.5 L Flasche aus vPET hat ein Gewicht von 28 g
 - 1.5 L Flasche aus 100% rPET hat ein Gewicht von 34 g
- Die Resultate hängen sehr stark von der verwendeten Allokationsart ab.
 - Unter Allokation wird in diesem Zusammenhang die Zuordnung des Nutzens durch das Recycling verstanden.
 - Im folgenden Kapitel 2 wird begründet, warum für die vorliegende Fragestellung der Cut-off Ansatz mit Verursacherprinzip gewählt wurde.

Als Vergleichsbasis, funktionelle Einheit, dient die Herstellung von 100 Stück 1.5 L PET-Flaschen.

Die Vordergrunddaten wurden von der PRS zur Verfügung gestellt. Untersucht wurden vier verschiedene Flaschen, deren Charakteristiken in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

Tabelle 1: Charakteristiken der untersuchten Flaschen

rPET: PET-Rezyklat, vPET: PET aus Primärmaterial (virgin PET)

Flaschenbezeichnung	Anteil rPET	Anteil vPET	Gewicht in gr.
Flasche, 0% rPET, 100% vPET	0%	100%	28
Flasche, 35% rPET, 65% vPET	35%	65%	30
Flasche, 50% rPET, 50% vPET	50%	50%	32
Flasche, 100% rPET, 0% vPET	0%	100%	34

Als Hintergrunddaten wurde die Datenbank ecoinvent v3.4 verwendet. Die Berechnungen erfolgten mit der LCA-Software Simapro. Folgende zwei Indikatoren wurden zur Ausweisung der Umweltauswirkungen verwendet:

- CO₂ Fussabdruck nach IPCC (IPCC, 2014)
- Umweltfussabdruck nach der Methode der ökologischen Knappheit (Frischknecht & Büsser Knöpfel, 2013)

2 Auswahl der geeigneten Allokationsart

Die Modellierung von Produktsystemen erfordert oft so genannte 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, wie dies bei Fragen des Recyclings immer der Fall ist. Dabei ist zu beachten, dass sich die Festlegung der Allokationsart nicht alleine mit wissenschaftlichen Erwägungen begründen lässt. Sie stellt auch eine Konvention dar, in die Werthaltungen einfließen. Verschiedene, in der Literatur anzutreffende Allokationsansätze sind denkbar, wenn es um die Abbildung von Recyclingsystemen geht. Im Folgenden werden die wichtigsten Allokationsansätze kurz beschrieben.

2.1 Allokationsansätze

2.1.1 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. 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.

Da die bekannten Recyclingverfahren eine geringere Umweltauswirkung verursachen als die Neuherstellung, erhält bei dieser Allokationsart derjenige, der Rezyklat einsetzt, den Nutzen des Recyclings gutgeschrieben.

2.1.2 Verursacherprinzip

Dieser Ansatz basiert auf der Überlegung, dass jeder Hersteller, welcher Neumaterial (primäres Material) in den Umlauf bringt, nicht nur für die Umweltauswirkungen der Herstellung, sondern auch für dessen Entsorgung verantwortlich ist. Egal wie oft das Material wiederverwendet oder wiederverwertet wird; früher oder später gelangt es in eine Entsorgung. Vor allem wenn es sich um ein Material handelt, dessen Recyclingzyklen auf Grund der intrinsischen Eigenschaften beschränkt sind, wie dies z.B. bei Kunststoffen der Fall ist. Dieser Ansatz basiert auf dem Cut-Off Ansatz, wobei zusätzlich die Entsorgung demjenigen belastet wird, der Neumaterial in den Verkehr bringt, unabhängig davon, ob das Material nach der Nutzung ins Recycling gelangt oder nicht.

Dieser Ansatz verstärkt den Cut-Off Ansatz zugunsten des Einsatzes von Rezyklat.

2.1.3 Substitutionsprinzip (Recyclability substitution approach, ILCD 2010)

Der Substitutionsansatz basiert auf der Grundlage, dass durch den Einsatz von Rezyklat Neumaterial ersetzt wird. Entsprechend wird 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 mit einem Faktor, welcher dem verminderten Nutzen Rechnung trägt, korrigiert. Dieser Ansatz hängt einzig von der Recyclingquote ab und führt unter anderem dazu, dass Produkte, welche einen höheren Rezyklatanteil aufweisen als effektiv ins Recycling geht, eine höhere Belastung aufweisen als mit dem Cut-Off Ansatz.

Beim Substitutionsprinzip erhält derjenige Marktteilnehmer den Nutzen des Recyclings gutgeschrieben, der dafür sorgt, dass das Material am Ende der Nutzungsphase rezykliert wird. Der Einsatz von Recyclingmaterial wird jedoch nicht belohnt.

2.1.4 Fifty-fifty für open loop

Dieser Ansatz basiert darauf, dass es für ein funktionierendes Recyclingsystem sowohl Marktteilnehmer benötigt, welche Rezyklat verwenden, wie auch solche, welche das Material nach der Nutzung dem Recycling zuführen. Der Nutzen für Sekundärmaterialien wird bei dieser Methode im Verhältnis 50:50, also paritätisch, zwischen dem abgebenden und dem aufnehmenden System aufgeteilt.

Bei der 50:50-Methode wird demnach sowohl den abgebenden als auch aufnehmenden Systemen der gleiche ökobilanzielle Anreiz zu verstärktem Recycling gegeben.

2.2 Auswahl der geeigneten Allokationsmethode

Die Wahl der geeigneten Allokationsmethode hängt vom untersuchten System wie auch von der Möglichkeit und der Art der Einflussnahme ab und diese wiederum von der Art der Fragestellung.

Im Folgenden wird für die verschiedenen Fragestellungen hergeleitet, welches die sinnvollste Allokationsart ist. Wobei eine Allokation dann als sinnvoll angesehen wird, wenn diese die Ursachen abbildet und die Entscheidungsgrundlage so liefert, dass sich das untersuchte System in Richtung einer Reduktion der Umweltauswirkungen entwickelt.

Entsprechend müssen zuerst die folgenden beiden Fragen beantwortet werden:

- Was führt zum höchsten Umweltnutzen?
Wie im Projekt „Vom Umwelt des PET-Recyclings (Dinkel & Kägi, 2018) gezeigt werden konnte, ergibt sich zumindest in der Schweiz mit einem gut funktionierenden Recyclingsystem von PET-Flaschen und einer marginalen Recyclingquote für andere Produkte aus PET der höchste Umweltnutzen beim Closed Loop Recycling von PET aus Flaschen.
- Wer darf den Zusatznutzen für sich beanspruchen?
Fairerweise darf derjenige Marktteilnehmer den Nutzen für sich beanspruchen, der auch die zusätzlichen Anstrengungen dafür auf sich nimmt.

Daraus gibt sich für die folgenden Fragestellungen die entsprechende Allokation:

2.2.1 Was soll aus Umweltsicht am besten mit einer gewissen Sammelmenge an PET gemacht werden?

Dabei handelt es sich um die klassische Fragestellung der PRS, wie sie in den letzten Jahren für die PRS betrachtet wurde (Dinkel & Hauser, 2008; Dinkel & Kägi, 2018).

Direkt kann nur auf die Art der Verwertung Einfluss genommen werden, jedoch nicht auf die Materialwahl bei der Flaschenherstellung. Zudem wird ein Zusatzaufwand durch das Sammel- und Verwertungssystem geleistet. Somit ist das Substitutionsprinzip die geeignete Wahl.

2.2.2 Wie sollen PET-Flaschen aus Umweltsicht am besten produziert werden?

Hier besteht ein direkter Einfluss auf die Materialwahl bei der Flaschenherstellung. Indirekt besteht ein Einfluss auf die Recyclingrate, da eine geeignete Materialwahl das Recycling ermöglichen, erschweren oder sogar verhindern kann. Wer den Zusatzaufwand des Recyclings betreiben muss, hängt vom Markt ab.

- In einem Markt, in dem die Nachfrage nach Recyclingmaterial grösser ist als die Verfügbarkeit, weil zu wenig gebrauchtes Material zurückkommt, muss eine Zusatzanstrengung beim Sammeln und Rezyklieren gemacht werden.

In dem Falle ist das Substitutionsprinzip die adäquate Lösung.

- In einem Markt, in dem die Nachfrage nach Recyclingmaterial unter dem des Angebots liegt, z. B. weil die Verarbeitung von Recyclingmaterial schwieriger ist, muss die Zusatzanstrengung vom Verarbeiter gemacht werden, der Recyclingmaterial einsetzt.

In dem Falle ist der Cut-Off (recycled content) mit Verursacherprinzip die geeignete Allokationsart.

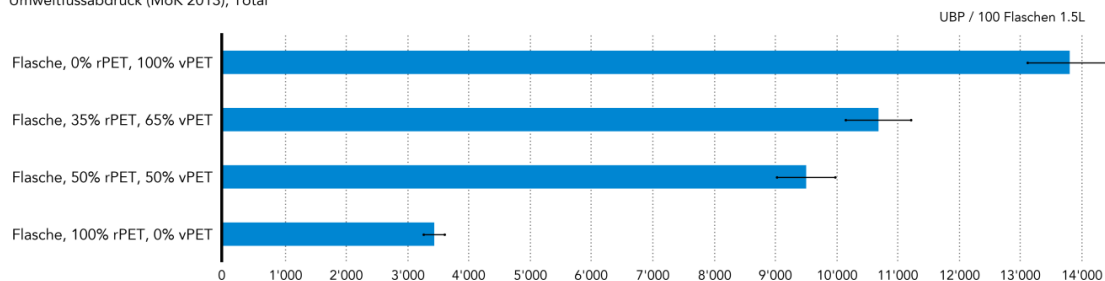
Bei Metallen in kurzlebigen Anwendungen ist in den meisten Fällen die erste Marktsituation gegeben und entsprechend das Substitutionsprinzip die geeignete Allokationsart.

Bei Kunststoffen dagegen ist meistens die zweite Marktsituation gegeben und entsprechend der Cut-Off Ansatz mit Verursacherprinzip die geeignete Allokationsart.

3 Resultate

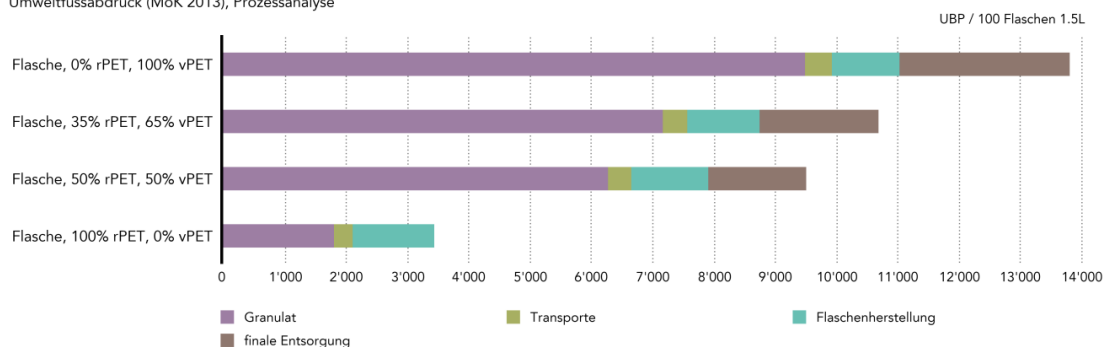
Analyse PET-Flaschen

Umweltfussabdruck (MöK 2013), Total



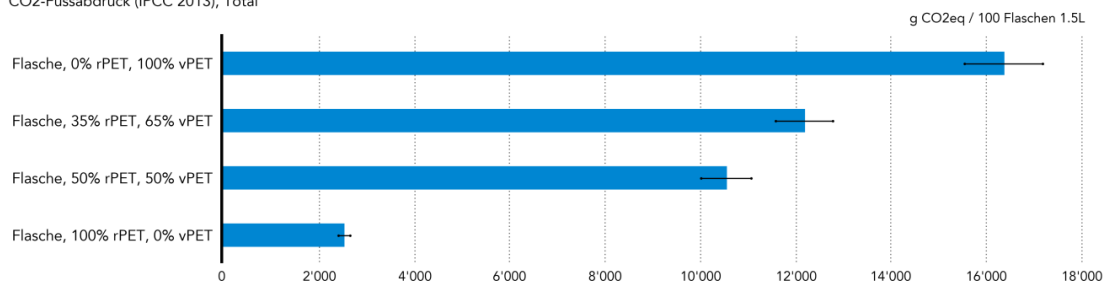
Analyse PET-Flaschen

Umweltfussabdruck (MöK 2013), Prozessanalyse



Analyse PET-Flaschen

CO₂-Fussabdruck (IPCC 2013), Total



Analyse PET-Flaschen

CO₂-Fussabdruck (IPCC 2013), Prozessanalyse

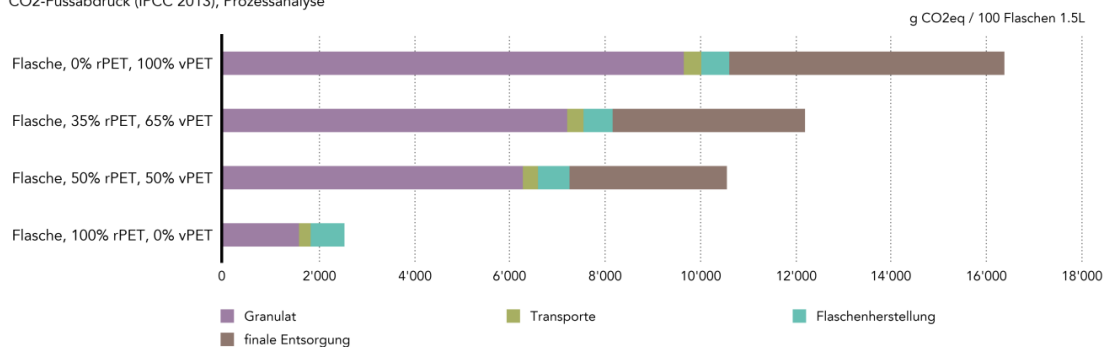


Abbildung 1: Umweltfussabdruck und CO₂-Fussabdruck der betrachteten Flaschenvarianten.

Je höher der Rezyklatanteil in den Flaschen ist, desto tiefer ist der Umweltfussabdruck, trotz höherem Gewicht. Eine Flasche mit 35 % Rezyklatanteil weist bereits einen um knapp ein Viertel tieferen Umweltfussabdruck auf. Bei 50 % Rezyklatanteil reduziert sich der Umweltfussabdruck um rund ein Drittel. Eine Flasche, die zu 100 % aus Rezyklat besteht und dadurch 20 % schwerer ist, weist einen um drei Viertel tieferen Umweltfussabdruck auf. Ein sehr ähnliches Resultat wird ersichtlich, wenn nur der CO₂-Fussabdruck betrachtet wird. Die hier ausgewiesenen Resultate decken sich relativ gut mit der im 2008 durchgeführten Sensitivitätsanalyse über das ökologische Abschneiden von PET-Flaschen in Abhängigkeit des Gewichts und des Rezyklatanteils (Dinkel & Hauser, 2008).

Der Hauptgrund für die Reduktion des Umweltfussabdrucks liegt in der Herstellung des Granulats. Die Herstellung von Granulat aus Rezyklat ist wesentlich umweltfreundlicher als die Herstellung aus primären fossilen Rohstoffen. Der Umweltfussabdruck von Rezyklat beträgt ca. 1/6 des Umweltfussabdrucks von primärem PET-Granulat. Daher ist auch die Tatsache, dass eine Flasche aus 100 % Rezyklat rund 20 % schwerer ist, aus Umweltsicht wenig relevant. Der zweite wesentliche Grund ist die finale Entsorgung. Beim Verursacherprinzip wird für eingesetztes Primärmaterial die finale Entsorgung bereits mitberücksichtigt, da irgendwann das Material final entsorgt werden muss. Umgekehrt wird beim Einsatz von Rezyklat die finale Entsorgung nicht nochmals berücksichtigt. Somit verursacht die Herstellung und Entsorgung von PET-Rezyklat (rPET) nur ca. 1/8 der Umweltauswirkungen der Herstellung und Entsorgung von primärem PET (vPET).

4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Es ist aus Umweltsicht erstrebenswert, PET-Flaschen mit einem möglichst hohen Rezyklatanteil herzustellen. Dabei wiegt der Einsatz von PET-Rezyklat das höhere Gewicht der Flaschen aus Umweltsicht auf jeden Fall auf.

Es ist zu beachten, dass in dieser Studie abgeklärt wurde, ob sich der Einsatz von Rezyklat bei PET-Flaschen lohnt, unter der Bedingung, dass genügend PET-Rezyklat auf dem Markt vorhanden ist, welches z.B. von der PRS zur Verfügung gestellt wird. Die verwendete Allokationsart weist den Nutzen des PET-Recyclings dem PET-Rezyklat zu. Entsprechend dürfen die Einsparungen des PRS Systems, welche mit der Allokation nach dem Substitutionsprinzip berechnet wurden, nicht zu den hier ausgewiesenen Einsparungen dazu gezählt werden, da dies einer Doppelzählung gleich käme.

5 Literatur

Dinkel, F., & Hauser, A. (2008). *Ökologischer Nutzen des PET-Recycling Schweiz*. Im Auftrag von PET Recycling Schweiz. Abgerufen von http://carbotech.ch/cms2/wp-content/uploads/Carbotech_LCA_PET-REcycling-Schweiz.pdf

Dinkel, F., & Kägi, T. (2018, Februar 7). Vom Umweltnutzen des PET-Recyclings - Unter Berücksichtigung des mehrfachen Recyclings. Im Auftrag von PRS: PET Recycling Schweiz. Abgerufen von <https://carbotech.ch/cms/wp-content/uploads/287.54-Bericht-Nutzen-Mehrfach-Recycling-v1.0.pdf>

Frischknecht, R., & Büsser Knöpfel, S. (2013). *Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der Ökologischen Knappheit - Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz* (No. 1330) (S. 256). Bern: Bundesamt für Umwelt.

IPCC. (2014). *Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, u. a., Hrsg.). New York: Cambridge University Press.