

A large, stylized graphic of a footprint in shades of purple, set against a circular background, located in the top left corner of the header.

**Produktnachhaltigkeit**

**März 2011**

**Version 1.1**

# **Carbon Footprint von Tragetaschen und “Obstsackerl” aus Papier und Kunststoff**

**Autor** Harald Pilz

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Datengrundlagen</b>	<b>4</b>
2.1	Massenverhältnisse	4
2.2	Daten für die Lebenszyklusphase „Produktion“	5
2.3	Daten für die Lebenszyklusphase „Abfallwirtschaft“	6
2.4	CO <sub>2</sub> -Bindung in Holz, biogene CO <sub>2</sub> -Emissionen	8
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>10</b>
4.1	Wichtige Einflussfaktoren für die dargestellten Ergebnisse	10
4.2	Relevanz der Thematik	12
4.3	Schlussbemerkung	14
<b>5</b>	<b>Literatur</b>	<b>15</b>

## 1 Einleitung

In der vorliegenden Studie werden Tragetaschen aus Kunststoff, bioabbaubarem Kunststoff und Papier sowie „Obst- bzw. Gemüsesackerl“ (kleine transparente Tragetaschen für lose angebotenes Obst & Gemüse, Fachbegriff „Knotenbeutel“) aus Kunststoff und Papier hinsichtlich ihres Klimafußabdrucks verglichen. Der Klimafußabdruck oder „Carbon Footprint“ gibt Auskunft über die gesamten Treibhausgasemissionen eines Produktes in seinem Lebenszyklus, von der Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung, angegeben in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro festgelegte funktionelle Einheit.

Die im Folgenden beschriebenen Berechnungen wurden von denkstatt im Februar 2011 für die Austria Presseagentur (APA) erstellt. Dabei wurde ein Rechenmodell verwendet, das von der denkstatt im Laufe der letzten 10 Jahre im Rahmen von Studien im Auftrag von PlasticsEurope entwickelt wurde. Die jüngste Version der zugehörigen Studie mit dem Titel „The impact of plastics on life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions in Europe“ wurde im Juni 2010 veröffentlicht [Pilz et al. 2010] und kann über [www.denkstatt.at](http://www.denkstatt.at) heruntergeladen werden. Datenqualität und Methodik der Studie für PlasticsEurope wurden im Rahmen einer kritischen Begutachtung durch zwei ebenfalls unabhängige wissenschaftliche Institute (EMPA, Schweiz und University of Manchester, UK) bestätigt. **Die entsprechenden Review-Berichte finden sich ebenfalls am Ende des Dokuments.**

Das erwähnte Rechenmodell wurde für europäische Rahmenbedingungen erstellt und umfasst Daten für insgesamt 173 Produkte, darunter auch eine Tragetasche aus Polyethylen (PE) und eine Tragetasche aus Papier. Für die nachfolgend beschriebene Untersuchung wurde dieses Fallbeispiel für *österreichische* Rahmenbedingungen im Bereich der Abfallwirtschaft ausgewertet. Weiters wurden mit dem gleichen Rechenmodell Obstsackerl aus PE und Obstsackerl aus Papier miteinander verglichen, ebenfalls für *österreichische* Rahmenbedingungen im Bereich der Abfallwirtschaft.

Die Berechnungen für eine Tragetasche aus bioabbaubaren Kunststoffen beruhen auf einer Studie, die im Jahr 2010 vom österreichischen Klima- und Energiefonds finanziert und von denkstatt in Kooperation mit dem Institut für Industrielle Ökologie erstellt wurde: Klimaschutzpotenziale beim forcierten Einsatz biogener und konventioneller Kunststoffe [Fehring et al. 2010].

**Es ist zu beachten, dass die dargestellten Ergebnisse ausschließlich für die ausgewählten (beispielhaften) Produkte und für die dargestellten Rahmenbedingungen der Produktion (europäischer Durchschnitt) und der Abfallwirtschaft (Status Quo Österreich) gelten. Unternehmensspezifische Produktionsbedingungen oder andere Anteile von Verwertungs- und Entsorgungsoptionen können die Ergebnisse (und auch ihre Reihung) deutlich verändern. Auch ein Rückschluss vom dargestellten Vergleich auf andere Verpackungsprodukte ist nicht zulässig, da sich sowohl das Massenverhältnis als auch die verwendeten Papier- und Kunststoffsorten deutlich von den hier verwendeten Grundlagen unterscheiden können.**

**In diesem Sinne wollen die vorliegenden Untersuchungen nicht dazu beitragen, Materialien generell zu klassifizieren.** Für nachhaltige Lösungen sollte vielmehr für jedes Produkt jenes Material oder jene Materialkombination ausgewählt werden, die den angestrebten Produkt-

nutzen am effizientesten erfüllen (siehe dazu auch das „statement of intent“ in [Pilz et al. 2010]).

Darüber hinaus ist zu beachten, dass der Carbon Footprint zwar ein für die hier untersuchten Produkte bedeutender Umweltparameter ist, für eine umfassende Bewertung im Sinne der Nachhaltigkeit aber auch andere Umweltfaktoren sowie ökonomische und soziale Effekte berücksichtigt werden müssen.

Dies wird auch am Ende der Schlussfolgerungen der erwähnten Studie im Auftrag von PlasticsEurope betont:

**„Für die allgemeine Zielsetzung, Ressourcen möglichst effizient einzusetzen, müssen alle Möglichkeiten zur Optimierung eines Prozesses Berücksichtigung finden. Änderungen in der Funktion und dem Design von Prozessen und Dienstleistungen können größere Auswirkungen auf den Gesamtenergiebedarf haben als der Einsatz verschiedener Materialien.“**

**Schließlich muss betont werden, dass ein wirklich umfassender Vergleich von Produkten nicht nur auf den Unterschieden bzgl. Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen beruhen sollte, sondern einer umfassenden „Nachhaltigkeitsbewertung“ bedarf, die alle relevanten ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen der untersuchten Produkte abdeckt.“**

## 2 Datengrundlagen

Verglichen wurden je zwei in Österreich handelsübliche Tragetaschen aus dem Lebensmittelhandel bzw. Obstsackerl aus Papier und Kunststoff. Im Bereich der Tragetaschen erfolgt zusätzlich eine Gegenüberstellung mit den abgeschätzten Carbon Footprint einer Tragetasche aus bioabbaubaren Kunststoffen.

### 2.1 Massenverhältnisse

Die Masse der untersuchten typischen **Tragetaschen** aus dem Lebensmittelhandel mit annähernd identischem Füllvolumen betrug 30 Gramm pro Stück bei Kunststoff, 38 Gramm pro Stück bei bioabbaubarem Kunststoff und 57 Gramm pro Stück bei Papier. **Das Massenverhältnis Kunststoff zu Papier beträgt damit 1 : 1,9. Das Massenverhältnis Kunststoff zu bioabbaubarem Kunststoff beträgt 1 : 1,27.**

Im Vergleich dazu lag im Jahr 2008 das Massenverhältnis von Kunststofftragetaschen zu Papiertragetaschen verschiedener Größen und für **Taschen aus allen Branchen** bei durchschnittlich **1 : 2,6** [GVM 2009], also deutlich höher als bei den hier untersuchten Produkten. Das heißt, dass im Vergleich zu anderen Branchen die im Lebensmittelhandel angebotenen Tragetaschen aus Kunststoff dickwandiger sind.

Bei den „**Obstsackerln**“ wurden insgesamt vier Sackerltypen bewertet, wobei jeweils 2 Produkte hoher Qualität („Qualität 1“) und 2 Produkte mit geringerer Reißfestigkeit („Qualität 2“) einander gegenübergestellt wurden. Wegen des Unterschieds im Füllvolumen war im Fall der Obstsackerl eine Normierung auf eine vergleichbare funktionelle Einheit notwendig, wofür hier die gleiche Anzahl an verpackten Äpfeln bzw. die anteilige Sa-

ckerlmasse pro verpacktem Apfel gewählt wurde.<sup>1</sup> Ziel war dabei, die notwendigen Annahmen „**konservativ**“ anzusetzen, d.h. sie wurden **so gewählt, dass ein allfälliger Vorteil des Kunststoffprodukts eher unterschätzt** als überschätzt wird. Dieser Vorgang wird dadurch deutlich, dass bei den Papierprodukten die angenommene durchschnittliche Befüllung mit 60 % der maximalen praktikablen Füllkapazität gewählt wurde, während bei den Kunststoffprodukten bei der Befüllung nur 50 % (Qualität 2) bzw. nur 40 % (Qualität 1) der maximalen praktikablen Füllkapazität angesetzt wurde. **Für das Massenverhältnis Kunststoff : Papier resultiert daraus 1 : 5,2 bei Qualität 1 und 1 : 4,9 bei Qualität 2.**

	Gramm pro Stück Sackerl	Anzahl Äpfel maximal (praktikabel)	Anzahl Äpfel gewählt (konservativ)	Gramm Sackerl pro Apfel
<b>Kunststoff Qualität 1</b>	3,25	20	8	<b>0,41</b>
<b>Papier Qualität 1</b>	12,70	10	6	<b>2,12</b>
Verhältnis Papier : Kunststoff				<b>5,21</b>
<b>Kunststoff Qualität 2</b>	2,60	16	8	<b>0,33</b>
<b>Papier Qualität 2</b>	9,50	10	6	<b>1,58</b>
Verhältnis Papier : Kunststoff				<b>4,87</b>

Tabelle 1: Masse, Befüllung und Masse pro funktioneller Einheit für die untersuchten Obstsackerl.

## 2.2 Daten für die Lebenszyklusphase „Produktion“

Tragetaschen und Obstsackerl aus konventionellem Kunststoff bestehen in der Regel aus Polyethylen (PE). In dieser Studie wurden die produktionsbezogenen Treibhausgasemissionen dem Ecoinvent-Datensatz für PE-Folien [Ecoinvent 2010] entnommen. Additive und Farbstoffe werden nur in sehr geringen Mengenanteilen verwendet und weisen in der Regel Treibhausgasemissionen auf, die pro kg in einer ähnlichen Größenordnung liegen wie bei PE. Daher ist die Datenunsicherheit, die aus der Annahme resultiert, die Produkte bestehen zur Gänze aus PE, im Rahmen der Treibhausgasbilanz verhältnismäßig klein. Andere Unsicherheiten, die z. B. aus dem angenommenen Mix der Verwertungswege folgen, oder aus den oben aufgelisteten „konservativen“ Annahmen, wirken sich auf die Ergebnisse wesentlich stärker aus.

Obwohl die meisten Tragetaschen im Bereich des Lebensmittelhandels aus weißem Papier hergestellt werden, wurde hier (im Sinne konservativer Annahmen) trotzdem ein Anteil von 25 % ungebleichtem Verpackungspapier angenommen. Würde sich die Untersuchung auf den Mix aus allen Tragetaschen unterschiedlicher Größe aus verschiedenen Branchen beziehen, würde das Massenverhältnis Papier : Kunststoff voraussichtlich steigen (2,6 statt 1,9 – siehe oben), gleichzeitig würde sich möglicherweise der Anteil von ungebleichtem Verpackungspapier erhöhen. Die Ergebnisse einer Sensitivitätsanalyse zeigen, dass sich die entsprechenden Aus-

<sup>1</sup> Eine Ökobilanz bezieht sich immer auf eine definierte funktionelle Einheit. Das ist nicht immer leicht zu gewährleisten - bei Tragetaschen aus unterschiedlichen Materialien könnte die funktionelle Einheit auf gleiches verfügbares Volumen, auf vergleichbare Füllmenge oder auf die gleiche Traglast bezogen werden. In der Regel erfüllen die am Markt verfügbaren Produkte nicht gleichzeitig alle drei genannten Faktoren.

wirkungen auf das Ergebnis größenordnungsmäßig kompensieren (siehe Abbildung 1). Die verwendeten Datensätze (kraft paper bleached / unbleached) stammen ebenfalls aus [Ecoinvent 2010].

Die untersuchte Tragetasche aus bioabbaubarem Kunststoff besteht zum überwiegenden Anteil aus thermoplastischer Stärke (TPS). Die üblichen Mischungsverhältnisse mit anderen bioabbaubaren Bestandteilen sind denksstatt aus Herstellerangaben bekannt, sie können hier aber aus Vertraulichkeitsgründen nicht dokumentiert werden. Daten zu Treibhausgasemissionen für die Produktion von TPS stammen aus [Patel et al. 2004]. Daten zur Produktion anderer Bestandteile wurden durch Daten für ähnliche Substanzen abgeschätzt [PlasticsEurope 2010].

Obstsackerl aus Papier werden vorwiegend aus braunem (ungebleichtem) Papier, teilweise aber auch aus weißem (gebleichtem) Papier angeboten. Für die vorliegende Untersuchung wurde ein Anteil von 90 % ungebleichtem und 10 % gebleichtem Papier angenommen.

Die Datensätze für die Produktion von Papier, Polyethylen und bioabbaubarem Kunststoff beziehen sich alle auf europäische Durchschnittsbedingungen. Ähnlich konsistente Daten für Österreich liegen nicht vor und wären auch nur bedingt zutreffend, da in den betroffenen Wirtschaftsbereichen signifikante Import- und Exportströme zu beobachten sind.

Der Mehraufwand beim Transport von leeren Tragetaschen/Obstsackerln aus Papier im Vergleich zu Tragetaschen/Obstsackerln aus Kunststoff (größeres Volumen von Papiersackerln, daher bei Papier größere Anzahl von LKWs bei gleicher funktioneller Einheit) wurde hier vernachlässigt (konservative Annahme).

Für die Lebenszyklusphase „Gebrauch der Tragetaschen/Obstsackerl“ wurden keine Unterschiede zwischen den Varianten Kunststoff, bioabbaubarer Kunststoff und Papier angenommen (konservative Annahme: kein Vorteil von Kunststoff gegenüber Papier hinsichtlich Reißfestigkeit, Verschleißbarkeit-Trageigenschaften-Warenkontrolle [bei Obstsackeln], sowie Anzahl möglicher Wiederverwendungen, etc.).

### **2.3 Daten für die Lebenszyklusphase „Abfallwirtschaft“**

Die gewählten Annahmen im Bereich der Abfallwirtschaft können die Ergebnisse deutlich beeinflussen, weil die Kombination aus den Emissionen der abfallwirtschaftlichen Prozesse und den ersparten Emissionen aufgrund von Gutschriften für Rezyklate (substituierte Primärproduktion) und für Strom und Wärme aus thermischer Verwertung (substituierte Strom-/Wärmeproduktion bzw. substituierte Brennstoffe) für verschiedene Verwertungs- und Entsorgungswege völlig unterschiedliche Nettobilanzen ergeben können.

So verursacht zum Beispiel die Deponierung von Kunststoffen nahezu keine Treibhausgasemissionen, während die werkstoffliche Verwertung von Kunststoffen wesentlich mehr Treibhausgase vermeidet als sie verursacht (Netto-Gutschrift). Energetische Nutzung von Kunststoffen in Müllverbrennungsanlagen erzeugt in der Regel (abhängig vom Energienutzungsgrad) mehr CO<sub>2</sub> Emissionen als durch die substituierte Erzeugung von Strom und Fernwärme eingespart werden. Rohstoffliche und thermische Verwertung von Kunststoffen in industriellen Anlagen (Wirbelschichtöfen, Drehrohröfen, Hochofen) ersparen wiederum wegen der hohen Energieeffizienz

mehr CO<sub>2</sub> Emissionen als durch die Nutzung der Kunststoffe in diesen Prozessen entsteht.

Die Treibhausgasbilanz für verschiedene Optionen der Papierverwertung und Entsorgung fällt am besten für die genannte industrielle thermische Verwertung (biogener Brennstoff ersetzt fossile Brennstoffe) und am schlechtesten im Fall der Deponierung aus, da in Deponien ein Teil des biogenen Kohlenstoffs zu Methan umgewandelt wird, von dem ein Teil trotz Deponiegaserfassung entweicht und dessen Treibhausgaspotential bei einem 100-jährigen Betrachtungszeitraum das 25-fache von CO<sub>2</sub> beträgt. Die Deponierung spielt bei Berechnungen für Österreich bei Verpackungen zwar keine Rolle mehr, sie kann aber in Ländern wie Italien, Großbritannien oder in Osteuropa zu völlig anderen Ergebnissen führen als sie für Österreich gelten, insbesondere bei Papier und bioabbaubaren Kunststoffen.

Recycling und Kompostierung von Papier liegen bezüglich ihrem Nettonutzen (bzw. manchmal sogar Netto-Nachteil) zwischen den beiden zuvor genannten Optionen. Beim Recycling hängt der Nettonutzen sehr stark davon ab, welche Art der primären Papier- oder Kartonproduktion ersetzt wird, und wie hoch der Anteil der biogenen bzw. fossilen Energieträger bei dieser ersetzten Primärproduktion ist. Werden z. B. Primärproduktionsprozesse ersetzt, die ausschließlich mit biogenen Brennstoffen betrieben werden, sind die fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Papierrecycling höher als die ersparten fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen der substituierten Primärproduktion. Papierrecycling hat in diesem Fall zwar einen positiven Netto-Energieeffekt (ersparte biogene Energieträger), aber einen negativen Effekt auf der Ebene der Treibhausgase. In dieser Untersuchung wurde das Papierrecycling durch eine Mischung der Recyclingprodukte Wellenstoff (Mittellage in Wellkartons, Frischfaser-Substitutionsfaktor 0,6 [GUA & IFIP 1998]) und Karton (Frischfaser-Substitutionsfaktor 0,9) modelliert, die zu einer Netto-Gutschrift führt.

Für bioabbaubare Kunststoffe gilt im Übrigen eine etwa ähnliche Reihenfolge beim Nutzen verschiedener Verwertungs- und Entsorgungsoptionen.

Für die Verteilung von Tragetaschen und Obstsackerl im Status Quo der österreichischen Abfallwirtschaft liegen keine Daten vor. Auf Basis unserer Kenntnisse zur Verpackungsverwertung in Österreich (z. B. [Hutterer et al 2009] bzw. [Fehringer 2010]) wurden für die vorliegenden Berechnungen zu Tragetaschen und Obstsackerln folgende Annahmen getroffen:

<b>Tragetaschen</b>	<b>Kunststoff</b>	<b>Bioabbaubarer Kunststoff</b>	<b>Papier</b>
Werkstoffliche Verwertung	30%	0%	90%
Kompostierung	0%	20%	0%
Industrielle thermische Verwertung	35%	16%	0%
Müllverbrennung	35%	64%	10%
Deponierung	0%	0%	0%

Obstsackerl	Kunststoff	Papier
Werkstoffliche Verwertung	20%	90%
Industrielle thermische Verwertung	40%	0%
Müllverbrennung	40%	10%
Deponierung	0%	0%

Die Berechnung der zugehörigen Treibhausgasemissionen samt der Gutschriften für substituierte Primärproduktion bzw. substituierte Strom- und Wärmeproduktion wurden mit den Rechenmodellen der beiden eingangs erwähnten Studien ermittelt. Die notwendigen prozessspezifischen Daten stammen aus Ecoinvent oder sind Primärdaten, die denkstatt direkt bei Verwertungsbetrieben erhoben hat.

Da in allen Fällen klassische open-loop Verwertungsprozesse vorliegen (d. h. die Verwertungsprodukte werden in anderen Produktsystemen als den untersuchten Tragetaschen und Sackerl eingesetzt), werden – wie meist bei Ökobilanzen üblich – sowohl die Verwertungsaufwände als auch die Gutschriften zur Hälfte dem Produktsystem der Tragetaschen und Sackerl und zur Hälfte den fremden Produktsystemen zugerechnet.

## 2.4 CO<sub>2</sub>-Bindung in Holz, biogene CO<sub>2</sub>-Emissionen

Bei der Bilanzierung von Produkten aus Holz und anderen biogenen Rohstoffen wird meist einer jener beiden Ansätze gewählt, die im Folgenden beschrieben werden. Trotz der strukturellen Unterschiede in der Bilanz sollten in der Regel beide Wege zum gleichen Nettoergebnis führen.<sup>2</sup>

Im ersten Ansatz wird die Bindung von Kohlenstoff beim Wachstum von Holz und anderen biogenen Rohstoffen am Beginn des Lebenszyklus als Gutschrift berücksichtigt. Dementsprechend sind in der Treibhausgasbilanz am Ende des Lebenszyklus auch alle biogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der thermischen Verwertung, der Kompostierung und aus Deponien zu berücksichtigen. Nur die dauerhaft nach dem Ende des Lebenszyklus in Deponien gespeicherte Kohlenstoffmenge verbleibt schließlich als Netto-Gutschrift.

Im zweiten Ansatz, der hier gewählt wurde, werden weder die Kohlenstoffbindung beim Rohstoffwachstum, noch die biogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen berücksichtigt, sondern als Gutschrift nur jene Kohlenstoffmenge, die – wie oben bereits erwähnt – am Ende des Lebenszyklus dauerhaft in Deponien gespeichert wird.

<sup>2</sup> Die beiden Ansätze führen dann nicht zum gleichen Ergebnis, wenn das Ausmaß der (langfristigen) Kohlenstoffbindung, die dem biogenen Rohstoff angerechnet wird, größer ist als die letztlich im Produkt befindliche Kohlenstoffmenge biogenen Ursprungs (zB aufgrund von zunehmender Humusmasse im Produktionsgebiet). Zu derartigen Ansätzen besteht allerdings für die Bilanzierung von Holzprodukten noch kein wissenschaftlicher Konsens.



### 3 Ergebnisse

Im Folgenden sind die Ergebnisse zum Product Carbon Footprint (Klimafußabdruck) der untersuchten Produkte dargestellt, die auf Basis der zuvor beschriebenen Rahmenbedingungen berechnet wurden.

Tabelle 2 zeigt die **Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus einer Tragetasche aus dem österreichischen Lebensmittelhandel**: 76 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente für konventionellen Kunststoff, 51 Gramm für bioabbaubaren Kunststoff und 75 Gramm für Papier.

Die Ergebnisse für Papier und Kunststoff sind nahezu gleich groß. Vorteile von Papier bzgl. der Treibhausgase pro kg Material werden durch Nachteile bei der Produktmasse in etwa ausgeglichen. In einer Sensitivitätsanalyse (siehe Abschnitt 4.1) wurden wichtige Einflussfaktoren in der Berechnung der Ergebnisse für Papier und Kunststoff variiert. Dabei zeigt sich, dass bei Veränderung der gewählten Inputparameter das Ergebnis sowohl zugunsten von Papier als auch zugunsten von Kunststoff ausfallen kann. **Daher kann beim Vergleich von Tragetaschen aus Papier und konventionellem Kunststoff für keines der beiden Materialien ein eindeutiger Vorteil abgeleitet werden.** Differenziert man die Ergebnisse nach Papiersorten, so schneiden braune Tragetaschen aus ungebleichtem Papier besser ab als Kunststoff, während bei weißen Tragetaschen die Klimabilanz tendenziell zugunsten von Kunststoff ausfällt (siehe Abbildung 2).

	g CO <sub>2</sub> -Ä pro g Mat. (Produktion)	g CO <sub>2</sub> -Ä pro g Mat. (Verwertung)	g CO <sub>2</sub> -Ä pro g Mat. (Life-cycle)	Masse pro Tragetasche (Gramm)	g CO <sub>2</sub> -Ä pro Tragetasche
<b>Polyethylen-Tragetasche</b>	2,70	-0,17	2,53	30	<b>76,0</b>
<b>Traget. aus bioabbaub. Kst.</b>	1,77	-0,42	1,35	38	<b>51,4</b>
<b>Papier-Tragetasche</b>	1,48	-0,17	1,32	57	<b>75,1</b>
Verhältnis Papier : Kunststoff					<b>0,99</b>
Verhältnis Biokst. : konv. Kst.					<b>0,68</b>

*Tabelle 2: Klimafußabdruck verschiedener Tragetaschen, berechnet auf Basis der angegebenen Daten im Bereich Produktion, Abfallwirtschaft und Masse pro Tragetasche.*

Tragetaschen aus bioabbaubarem Kunststoff auf Stärkebasis liegen mit ihrem Klimafußabdruck laut Tabelle 2 um etwa 32 % unter den vergleichbaren Produkten aus Papier und konventionellem Kunststoff. Werden die Mischungsverhältnisse mit anderen im Produkt enthaltenen bioabbaubaren Bestandteilen im Bereich der heute üblichen Bandbreiten variiert, so ist der **Product Carbon Footprint von Tragetaschen aus bioabbaubarem Kunststoff auf Stärkebasis um 25 – 40 % niedriger als bei Papier und konventionellem Kunststoff.**

Zu beachten ist allerdings, dass diese Ergebnisse nicht auf andere bioabbaubare Kunststoffe (z. B. auf Basis von PLA – Polymilchsäure) übertragen werden können, da sich sowohl der Carbon Footprint der Rohstoffe, der Energieaufwand der Herstellung und die Weiterverarbeitung gemeinsam mit anderen Komponenten zum fertigen Produkt von der hier untersuchten Tragetasche auf Stärkebasis unterscheidet.

In diesem Zusammenhang ist auch darauf hinzuweisen, dass durch die Bezeichnung „bioabbaubarer“ Kunststoff zwar eine Eigenschaft des Werkstoffs, aber nicht seine relevante ökologische Stärke beschrieben wird. Die Eigenschaft der Abbaubarkeit spielt in einer Abfallwirtschaft, in der Depositionierung nicht mehr stattfindet, kaum eine Rolle (dort wo allerdings deponiert wird, bedeutet sie einen Nachteil!), und der Verwertungsweg Kompostierung bringt keine relevanten Nutzeffekte. Vielmehr ist es die Nutzung biogener Ressourcen in Verbindung mit wenig energieintensiven Produktionsprozessen, durch die thermoplastische Stärke einen Vorteil in der Treibhausgasbilanz erreichen kann. Allerdings wäre auch die Bezeichnung „Kunststoff aus nachwachsenden Rohstoffen“ nicht geeignet, weil auch z. B. auch konventionelles Polyethylen aus nachwachsenden Rohstoffen (über Bioethanol) hergestellt werden kann und hergestellt wird.

Tabelle 3 zeigt die Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus verschiedener Obstsackerl. Der Product Carbon Footprint für die anteilige Sackerlmasse pro Apfel (= funktionelle Einheit) beträgt für die Produkte mit höherer Reißfestigkeit (Qualität 1) etwa 1,1 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente bei Kunststoff und etwa 1,6 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente bei Papier. Bei den weniger reißfesten Produkten (Qualität 2) liegen die Werte bei 0,85 Gramm für Kunststoff und bei 1,22 für Papier.

Damit liegt der **Klimafußabdruck der Obstsackerl aus Papier** um 53 % (Qualität 1) bzw. 43 % (Qualität 2) bzw. **im Mittel um 48 % über jenem der Obstsackerl aus Kunststoff**. Da viele zugrundeliegende Annahmen „konservativ“ (tendenziell zum Nachteil von Kunststoff) angenommen wurden, kann dieses Ergebnis als signifikant betrachtet werden.

	g CO <sub>2</sub> -Ä			Ergebnis für Qualität 1		Ergebnis für Qualität 2	
	pro g Mat. (Produktion)	pro g Mat. (Verwertung)	pro g Mat. (Life-cycle)	Gramm Sackerl pro Apfel	g CO <sub>2</sub> -Ä pro funkt. Einheit	Gramm Sackerl pro Apfel	g CO <sub>2</sub> -Ä pro funkt. Einheit
<b>Kunststoff-Obstsackerl</b>	2,70	-0,09	2,61	0,41	<b>1,06</b>	0,33	<b>0,85</b>
<b>Papier-Obstsackerl</b>	0,93	-0,17	0,77	2,12	<b>1,63</b>	1,58	<b>1,22</b>
Verhältnis Papier : Kunststoff					<b>1,53</b>		<b>1,43</b>

*Tabelle 3: Klimafußabdruck verschiedener Obstsackerl mit höherer (Qualität 1) bzw. geringerer (Qualität 2) Reißfestigkeit, berechnet auf Basis der angegebenen Daten im Bereich Produktion, Abfallwirtschaft und Masse pro Tragetasche.*

## 4 Diskussion

### 4.1 Wichtige Einflussfaktoren für die dargestellten Ergebnisse

Wie bereits eingangs erwähnt, gelten die oben dargestellten Ergebnisse ausschließlich für die ausgewählten (beispielhaften) Produkte und für die beschriebenen Rahmenbedingungen der Produktion (europäischer Durchschnitt) und der Abfallwirtschaft (Status Quo Österreich).

Im Rahmen der Berechnungen konnten folgende Parameter identifiziert werden, die das Ergebnis spürbar beeinflussen können:

- Qualität der Produkte (Wandstärke, Reißfestigkeit)
- Verhältnis von Sackerlmasse und Ausmaß der Befüllung
- Relative Anteile von gebleichtem und ungebleichtem Papier
- Anteile von werkstofflicher und thermischer Verwertung
- Allokation von Verwertungsaufwänden und -gutschriften zum eigenen bzw. fremden Produktsystem
- Anteil von konventionellem bioabbaubarem Polyester in bioabbaubaren Kunststoffprodukten.

In dieser Untersuchung wurden außerdem (im Sinne konservativer Annahmen aus Kunststoff Sicht – d.h. Annahmen, die allfällige Vorteile von Kunststoffen tendenziell unterschätzen statt überschätzen) Unterschiede beim Transport der fertigen Tragetaschen und Sackerl zum Handel sowie mögliche Unterschiede in der Gebrauchsphase nicht berücksichtigt (s. Abschnitt 2.2). Aus vielen Produktvergleichen ist bekannt, dass gerade Unterschiede in der Gebrauchsphase das Ergebnis wesentlich beeinflussen können.

Die folgende Abbildung zeigt für das Beispiel der Tragetaschen die Abhängigkeit der Ergebnisse von ausgewählten Einflussfaktoren. Bei Veränderung der gewählten Inputparameter kann der Vergleich sowohl zugunsten von Papier als auch zugunsten von Kunststoff ausfallen. **Daher kann beim Vergleich von Tragetaschen aus Papier und konventionellem Kunststoff für keines der beiden Materialien ein eindeutiger Vorteil abgeleitet werden.**

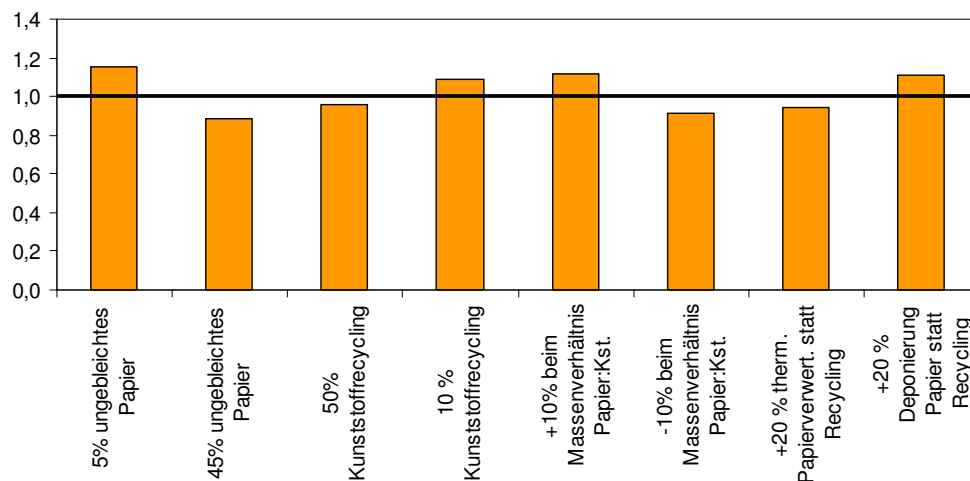


Abbildung 1: Verhältnis Carbon Footprint Papier-Tragetasche zu Carbon Footprint Kunststoff-Tragetasche, in Abhängigkeit von Variationen bei den Inputdaten

Da aus biogenen Materialien wie Papier oder bioabbaubaren Kunststoffen unter anaeroben Bedingungen in Deponien teilweise Methanemissionen entstehen, die nicht zur Gänze von Deponiegaserfassungssystemen gesammelt werden, können die Ergebnisse für Papier und bioabbaubaren

Kunststoff in Ländern, in denen noch große Teile der Abfälle deponiert werden (z. B. Italien, Großbritannien, Osteuropa) deutlich schlechter ausfallen als in der vorliegenden Untersuchung [s. z. B. Pilz et al. 2010].

In Österreich wurde in den letzten Jahren sowohl durch das Deponierungsverbot für Restmüll, sowie durch sehr gut ausgebaute Sammel- und Verwertungssysteme ein im weltweiten Vergleich sehr hoher Standard erreicht, der garantiert, dass der Wert gebrauchter Papier- und Kunststoffverpackungen jedenfalls genutzt wird – durch werkstoffliche, rohstoffliche oder thermische Verwertung. Auch hinsichtlich der eingesetzten Sortiertechnologien und der Vielfalt der großtechnisch praktizierten Verwertungsprozesse zählt Österreich zur Weltspitze. Diese Rahmenbedingungen, die auch in die vorliegende Untersuchung eingeflossen sind, beeinflussen das Ergebnis in relevantem Ausmaß.

Aus diesen Aspekten folgt, dass unternehmensspezifische Produktionsbedingungen oder andere Anteile von Verwertungs- und Entsorgungsoptionen die Ergebnisse (und auch ihre Reihung) deutlich verändern können. Auch ein Rückschluss vom dargestellten Vergleich auf andere Verpackungsprodukte ist nicht zulässig, da sich sowohl das Massenverhältnis als auch die verwendeten Papier- und Kunststoffsorte deutlich von den hier verwendeten Grundlagen unterscheiden können.

## 4.2 Relevanz der Thematik

Nach Angaben des Lebensministeriums und von VertreterInnen verschiedener Wirtschaftsbereiche liegen zwar keine exakten Daten zur Gesamtmenge der in Österreich jährlich verbrauchten Plastiksackerl vor, Marktschätzungen ergeben aber einen Bereich von etwa 5.000 – 7.000 Tonnen pro Jahr. Darin sind sowohl größere Tragetaschen als auch kleinere Sackerl einschließlich der oben behandelten Obst- und Gemüsesackerl enthalten, wobei die letztgenannten kleineren Sackerl ca. etwa 1.500 Tonnen pro Jahr ausmachen dürften.

Um weiterhin konservative Annahmen zu treffen, wird im Folgenden die *obere* Schranke der angegebenen Bandbreite verwendet, um Vergleiche anzustellen. 7.000 Tonnen entsprechen bei 8,4 Mio. Einwohnern einem pro-Kopf-Verbrauch von 833 Gramm pro Einwohner und Jahr. Rechnet man bei Tragetaschen (einschließlich leichter und kleinerer Tragetaschen aus anderen Branchen) mit einem Durchschnittsgewicht von 20 Gramm und bei Obstsackerln mit 3 Gramm pro Stück, entspricht der genannte Jahresverbrauch ca. 33 Stück Tragetaschen und 60 Stück Knotenbeutel.

Werden diese Mengen mit den oben angegebenen Carbon-Footprint-Daten für Tragetaschen und Obstsackerl kombiniert, so ergibt sich für den Gesamtverbrauch an Plastiksackerln in Österreich eine damit verbundene Menge von ca. 17.000 t an CO<sub>2</sub>-Emissionen oder etwa **2 kg CO<sub>2</sub> pro Kopf und Jahr**.

Um die Relevanz dieser CO<sub>2</sub>-Menge zu diskutieren, soll sie im Folgenden mit zwei Referenzzahlen verglichen werden: einerseits mit dem gesamten Carbon Footprint eines durchschnittlichen Konsumenten und andererseits mit der äquivalenten Menge an Diesel bzw. gefahrenen Kilometern.

Carbon Footprints können auch auf Länder bzw. Konsumenten umgelegt werden. Dabei ergibt die Summe der Carbon Footprints aller in einem Land konsumierten Produkte sowie angebotenen Dienstleistungen (inkl. der damit verbundenen Life-Cycle Treibhausgasemissionen im Ausland) den Car-

bon Footprint eines Landes. Dieser länderspezifische Carbon Footprint Wert ergibt, dividiert durch die Anzahl der Einwohner des Landes, den Consumer Carbon Footprint oder Klimafußabdruck eines Einwohners resp. Konsumenten.

Auf Basis von Angaben in [Hertwich & Peters 2009] dürfte der Consumer Carbon Footprint in Österreich etwa 15 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Einwohner und Jahr betragen. Den Beitrag einzelner Sektoren zu dieser Gesamtmenge zeigt die folgende Grafik für das Beispiel Deutschland [Schächtele & Hertle 2007]. Der Anteil von Verpackungen beruht auf Berechnungen der denkstatt.

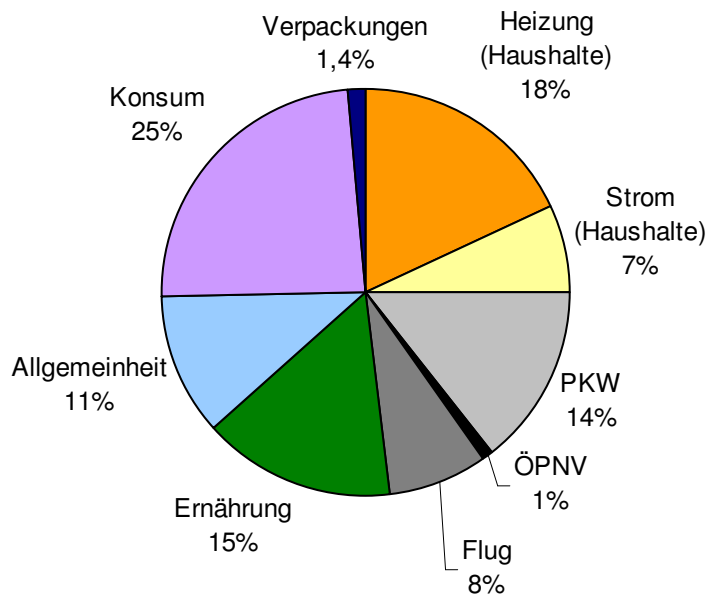


Abbildung 2: Durchschnittlicher CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des deutschen Bundesbürgers

**Im gesamten Consumer Carbon Footprint in Österreich von etwa 15 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Einwohner und Jahr sind Plastiksackerl also mit etwa 2 kg oder 0,14 Promille verantwortlich.**

Die Treibhausgasemissionen von einem Liter Diesel betragen im gesamten Lebenszyklus (einschließlich Emissionen aus Gewinnung und Bereitstellung) rund 3 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente [Ecoinvent 2010]. **Der Carbon Footprint des jährlichen Plastiksackerlverbrauchs entspricht damit dem Carbon Footprint von 0,66 Liter Diesel. Bei einem Verbrauch von 5 Litern pro 100 km entspricht dies einer Fahrtstrecke von 13 Kilometern.**

### 4.3 Schlussbemerkung

**denkstatt** will durch seine Forschungs- und Beratungsleistungen unter anderem dazu beitragen, jene „bedeutenden Stellschrauben“ in der Wertschöpfungskette und im Klimafußabdruck des Konsumenten zu identifizieren, die spürbare Fortschritte beim Klimaschutz und bei der Ressourceneffizienz ermöglichen.

Solche bedeutenden Stellschrauben finden sich jedenfalls in den Bereichen Mobilität, Raumwärme und Stromproduktion & -verbrauch, aber auch bei Themen wie Transport, Beleuchtung, Qualität und Langlebigkeit von Produkten sowie Optimierung industrieller Prozesse.

Der Verzicht auf nur einmal verwendete Tragetaschen durch die Verwendung von mehrfach gebrauchten Transportbehältnissen leistet natürlich einen - wenn auch nur sehr kleinen - Beitrag zur Ressourcenschonung und zum Klimaschutz.<sup>3</sup> Die Wirkung flächendeckender Maßnahmen sollte nur nicht überschätzt werden (0,14 Promille oder 1,4 Zehntausendstel des Gesamt-Carbon Footprints, siehe oben). Kontraproduktiv wäre die Diskussion über Einweg-Tragetaschen allerdings dann, wenn sie von den wirklich notwendigen Veränderungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung ablenkt.

---

<sup>3</sup> Der Vorteil aus dem Verzicht auf Tragetaschen kann nicht ohne weiteres auf andere Verpackungen übertragen werden. Insbesondere wo Lebensmittelverpackungen dazu beitragen, dass das verpackte Produkt besser geschützt wird oder länger haltbar bleibt, ist der dadurch erreichte Nutzen (weniger weggeworfene Lebensmittel) meist um ein Vielfaches größer als der Aufwand der Verpackungsproduktion [Pilz et al. 2010]

## 5 Literatur

Ecoinvent (2010): Ecoinvent Database, Version 2.2, [www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch), Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Switzerland.

Fehringer R. (2010): Corporate Carbon Footprint der Aktivitäten des ARA Systems, im Auftrag der ARA AG, Wien.

Fehringer R., Windsperger A., Thurner M., Brandt B., Pilz H. & (2010): Klimaschutzpotenziale beim forcierten Einsatz biogener und konventioneller Kunststoffe (KLIKU); Studie im Rahmen der 1. Ausschreibung „Neue Energien 2020“ des Klima- und Energiefonds; Institut für Industrielle Ökologie, Sankt Pölten & denkstatt GmbH, Wien. Österreich.

GUA & IFIP (1998): Gesamtwirtschaftliche Kosten und Nutzen der Bewirtschaftung von Abfällen aus Haushalten und haushaltsähnlichen Einrichtungen in Österreich. Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH, Wien, Institut für Finanzwissenschaft und Infrastrukturpolitik, TU Wien. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Wien.

GVM (2009): Modell zur Substitution von Kunststoffverpackungen durch alternative Verpackungsmaterialien, erstellt im Rahmen der Studie „The impact of plastics on life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions in Europe“ (s. Pilz 2010). Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung, Mainz.

Hertwich, E. G. & Peters, G. P. (2009): Carbon Footprint of Nations - A global, trade-linked analysis, *Environmental Science & Technology* 2009 43 (16)

Hutterer H., Fehringer R., Pilz H. (2009): Endbericht zu Phase 1 des Projektes „Entwicklung einer nationalen Strategie mit dem Ziel maximaler Ressourcenschonung durch Kunststoffverwertung in Österreich“ (SEKU2010+) im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, und PlasticsEurope Austria, Wien, Österreich.

IFEU 2010: Eco-profiles of the European Plastics Industry: Polyethylene Terephthalate (PET Bottle Grade). IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg

Pilz H., Brandt B. & Fehringer R. (2010): The impact of plastics on life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions in Europe, denkstatt GmbH im Auftrag von PlasticsEurope, Vereinigung der Kunststoff-Erzeuger in Europa. Brüssel, Belgien. Download über [www.plasticseurope.org](http://www.plasticseurope.org) und [www.plasticseurope.de](http://www.plasticseurope.de).

Schächtele, K. & Hertle H. (2007): Die CO<sub>2</sub> Bilanz des Bürgers. IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg

Patel M., Marscheider-Weidemann F., Schleicher J., Hüsinger B. & G. Angerer (2004): Techno-economic Feasibility of Large-scale Production of Bio-based Polymers in Europe (PRO\_BIP), Final Report. Utrecht, Niederlande.

PlasticsEurope (2010): Life cycle inventory datasets on plastics. <http://www.plasticseurope.org/learning-centre/lca.aspx>, PlasticsEurope, Brüssel.