

# Einweg- vs. Mehrwegverpackungen im Onlinehandel

## Eine vergleichende Betrachtung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und Identifizierung von Break-even-Points

*Till Zimmermann, Rebecca Bliklen*

### Zusammenfassung

Der E-Commerce stellt einen kontinuierlich und stark wachsenden Wirtschaftszweig dar. In Deutschland wurden in 2018 über 68,1 Mrd. Euro umgesetzt; über 3 Mrd. Sendungen wurden in 2018 durch Kurier-, Express- und Paketdienstleister zugestellt. Bis zu 30 % der Umweltwirkungen des Onlinehandels resultieren aus der – im Vergleich zum stationären Handel – zusätzlich eingesetzten Versandverpackung. Mehrwegverpackungen könnten hier einen nennenswerten Beitrag zur Ressourcenschonung und Abfallvermeidung leisten. Valide Erkenntnisse darüber, wie genau die ökologische Performance von Mehrwegverpackungssystemen im Onlinehandel aussieht und von welchen Parametern (wie Material, Gewicht, Umlaufzahl) diese wie genau abhängt, sind bislang jedoch nur sehr eingeschränkt verfügbar. Vor diesem Hintergrund wurden in dieser Arbeit zwei Mehrwegversandverpackungen in Bezug auf ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen untersucht: eine PP-Mehrweg-Box sowie eine Mehrweg-Versandtasche. Beide wurden dann mit möglichen Einwegalternativen verglichen. Es zeigt sich in allen Fällen, dass eine ökologische Vorteilhaftigkeit der Mehrwegverpackung vorliegt, sofern eine bestimmte Umlaufzahl erreicht wird. Bei der untersuchten Mehrweg-Versandtasche kann bereits nach wenigen Umläufen von einer ökologischen Vorteilhaftigkeit ausgegangen werden. Bei der Mehrweg-PP-Box liegt der ökologische Break-even-Point bei Vergleich mit Einweg-Pappkartons – je nach getroffenen Annahmen – zwischen 32 und 81 Umläufen.

# 1 Einleitung

Der Umsatz des Onlinehandels (E-Commerce) in Deutschland betrug im Jahr 2018 68,1 Mrd. Euro, bei stetigem aber leicht rückläufigem Wachstum (BEVH 2019). Auch der Anteil des online-erzielten Umsatzes am gesamten Umsatz des Einzelhandels zeigt ein stetiges Wachstum und belief sich insgesamt in 2018 auf 10,8 % (zum Vergleich: 2014 betrug der Anteil noch 7,8 %); für den Non-Food Bereich auf rund 15 % und für einzelne Warengruppen (Elektronikprodukte, Bekleidung, Bücher) auf jeweils über 25 % (HDE 2019). Hieraus resultiert ein deutliches Wachstum der Sendungszahlen der Kurier-, Express- und Paketdienste (KEP-Dienste); von 2014 bis 2018 sind die Sendungszahlen hier um 740 Millionen auf über 3,5 Mrd. Sendungen gestiegen, was einem Wachstum um 27 % entspricht (BIEK 2019).

Besonders häufig werden Elektro- und Elektronikprodukte (31 %), Bekleidung (Fashion und Accessoires; 27,7 %) und Bücher (27,7 %) online erworben (HDE 2019). Auch am online erzielten Umsatz haben Bekleidung (19 %) und Elektronikartikel (18 %) den größten Anteil.

Umweltwirkungen entstehenden entlang der Prozesskette des Onlinehandels; das heißt entlang der Prozesse von Bestellung, Verpacken, Lagerung und Kommissionierung, Verteilung und Transport (inkl. Letzte Meile und Zustellung zu Kundinnen und Kunden).

Auf Basis einer Literaturlauswertung (Wiese 2013; DCTI 2015; Edwards et al. 2011; Edwards et al. 2010; Oláh et al. 2019; Hirschier 2018; van Loon et al. 2015; Mangiaracina et al. 2015; Gombiner 2011; Kahlenborn et al. 2018; Mottschall 2015; Weber et al. 2008) lässt sich der Beitrag der einzelnen Elemente des Onlinehandels zu den CO<sub>2e</sub>-Emissionen des Onlinehandels mit den möglichen Variationen bzw. Spannbreiten abschätzen:

- Bestellung /IKT: <<1% bis <10%
- Versandverpackung: 5% bis >30%
- Lager und Distributionszentren: 4% bis 15%
- Transporte bis Ziel-Paketzentrum: 5% bis 20%
- Letzte Meile: 10% bis 40%

Die genauen Anteile hängen stark vom jeweiligen Produkt und der Ausgestaltung der logistischen Kette ab. Der Anteil der Versandverpackung, die im E-Commerce zusätzlich im Vergleich zum stationären Handel eingesetzt wird, an den (online-)handelsbedingten Umweltwirkungen kann von Fall zu Fall stark variieren, aber im Einzelfall durchaus einen relevanten Anteil von bis zu 30 % ausmachen. Die Summe der in Deutschland im Distanzhandel („klassischer“ E-Commerce sowie private Onlineverkäufe; einschließlich Briefversand) in 2018 verbrauchten Menge von (Einweg-) Versandverpackungen lässt sich auf rund 750 kt PPK-Verpackungen und 50 kt LVP-Verpackungen schätzen (praxPACK 2019).

Mehrwegverpackungen könnten hier einen nennenswerten Beitrag zur Ressourcenschonung und Abfallvermeidung leisten. Valide Erkenntnisse darüber, wie genau die ökologische Performance von Mehrwegverpackungssystemen im Onlinehandel aussieht und von welchen Parametern (wie Material, Gewicht, Umlaufzahl) diese wie genau abhängt, sind bislang jedoch nur sehr eingeschränkt verfügbar. Zwar zeigen viele Studien, dass durch die erneute Nutzung von Produkten bzw. Verpackungen, die in ihre Herstellung eingegangenen Umweltressourcen besonderes effizient genutzt werden und hieraus eine bessere Amortisation der in diese Produkte eingegangenen Ressourcen resultiert (Jepsen et al. 2015; Cooper und Gutowski 2017; Jepsen et al. 2019), was auch durch vorliegende ökobilanzielle Untersuchungen speziell für Verpackungssysteme grundsätzlich bestätigt wird, sofern eine bestimmte Umlaufzahl realisiert wird (Wood und Sturges of Edge 2010; Franklin Associates 2017; Rauei et al. 2009). Jedoch liegen bislang kaum Untersuchungen speziell für Versandverpackungen vor und Erkenntnisse zur hier spezifischen Relevanz von Verpackungsgestaltung, Transportentfernung, Auslastungsgrad und Umlaufzahlen sind kaum verfügbar.

Vor diesem Hintergrund wurde eine vergleichende Betrachtung der CO<sub>2e</sub>-Emissionen aus dem Einsatz von Einweg- und Mehrwegversandverpackungen vorgenommen. Hierzu wurden verschiedene reale Einwegversandverpackungen mit möglichen Mehrweg-Alternativen verglichen. Diese Arbeiten sind Teil des Forschungsvorhabens praxPACK, in dem mit mehreren Onlinehändlern, Verpackungsherstellern, Logistikern und weiteren Akteuren an der Entwicklung praxistauglicher Mehrwegversandverpackungen für den Onlinehandel gearbeitet wird (praxPACK 2019).

## 2 Vorgehen

Für den Vergleich der verschiedenen Versandverpackungen wurden die relevanten Prozesse von Einweg-System und Mehrwegsystem identifiziert und in ein Modell überführt. Im nächsten Schritt wurden die CO<sub>2e</sub>-Emissionen aus der Nutzung ausgewählter Mehrweg- und Einwegversandverpackungen berechnet, bevor im letzten Schritt eine vergleichende Betrachtung von Mehrweg- und Einweg-System vorgenommen wurde.

Die Modellierung und die Ableitung geeigneter Annahmen sind in Abstimmung mit den am Projekt beteiligten Akteuren aus Onlinehandel, Logistik und Verpackungsherstellung erfolgt. Ergänzende Daten für die Herstellung der diversen Materialien, sowie für die Energie und Transportaktivitäten wurden aus Ökobilanz-Datenbanken und aus Studien unterschiedlicher Verbände entnommen.

### 2.1 Modellierung der Verpackungs-Systeme

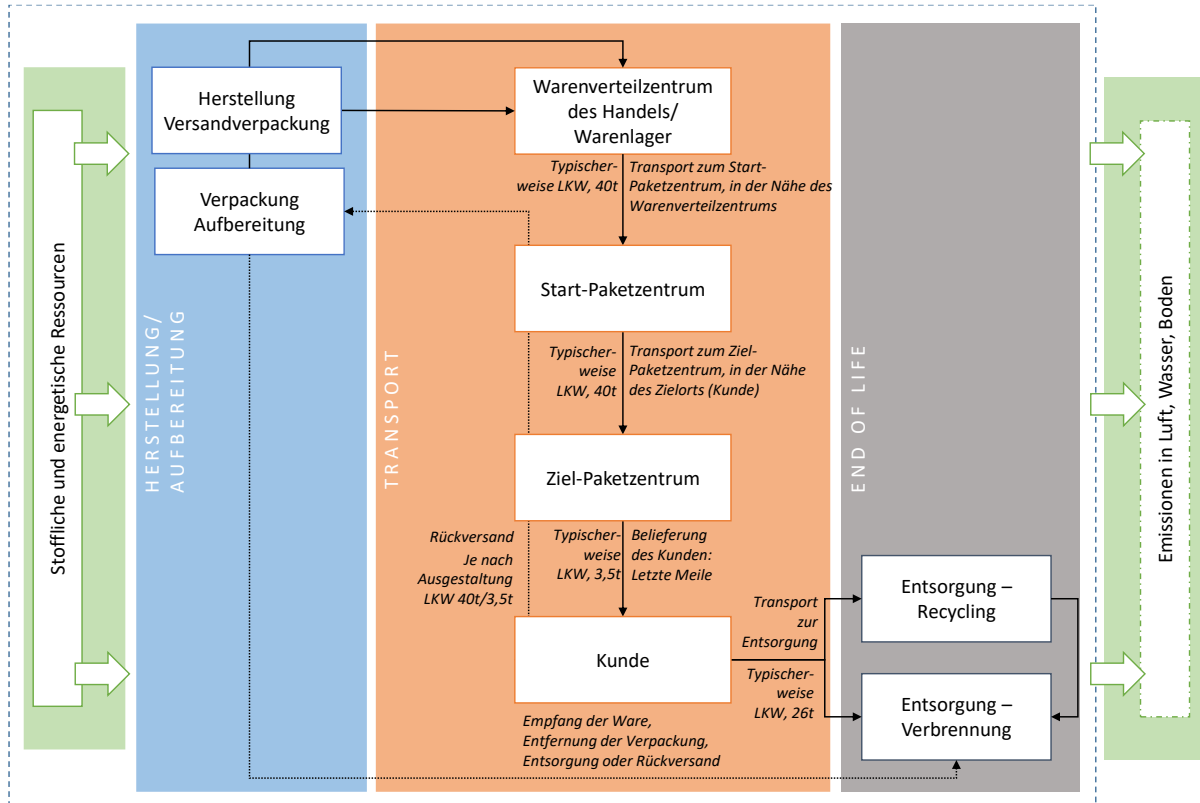
#### 2.1.1 Systemgrenzen

In Abbildung 1 dargestellt sind die Systemgrenzen für die Modellierung des Mehrweg-Verpackungssystems. Die betrachteten Prozesse lassen sich einteilen in Herstellungs- und Wiederaufbereitungsprozesse, Transportprozesse und End-of-life.

Das Mehrwegverpackungs-System umfasst im Wesentlichen die folgenden Prozesse und Dienstleistungen:

- Herstellung, Recycling und Entsorgung der Verpackung
- Herstellung von Grund- und Hilfsstoffen sowie materiellen Ressourcen wie Wasser
- Distribution der Verpackung vom Hersteller zum Handel
- Versand der Verpackung vom Handel zu Kundinnen und Kunden inklusive der letzten Meile mit kleinen Transportfahrzeugen
- Rückführung der Verpackung zur Aufbereitung
- Aufbereitung der retournierten Verpackungen
- Bereitstellung der Energieträger wie Erdöl, Erdgas, Kohle oder Strom etc.

Abbildung 1: Schematische Darstellung der inhaltlichen Systemgrenzen für das Mehrwegverpackungs-System



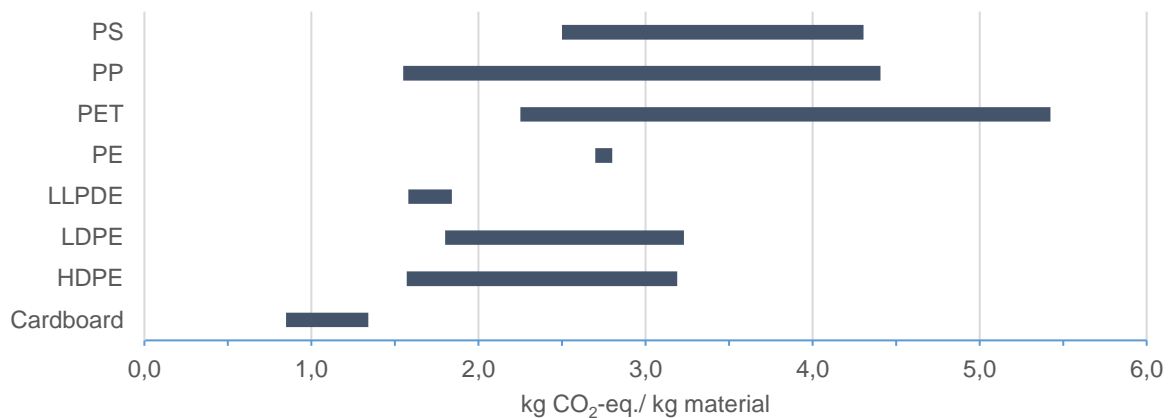
Die Systemgrenzen für die Modellierung des Einwegverpackungs-Systems unterscheiden sich vom Mehrwegsystem dahingehend, dass hier keine Aufbereitung mit den entsprechenden Transporten stattfindet, sondern die Verpackungen, nachdem sie die Kundinnen und Kunden erreicht haben, einer End-of-Life Behandlung zugeführt werden. Das Einwegverpackungs-System umfasst im Wesentlichen die folgenden Prozesse und Dienstleistungen:

- Herstellung, Recycling und Entsorgung der Verpackung
- Herstellung von Grund- und Hilfsstoffen sowie materiellen Ressourcen wie Wasser
- Distribution der Verpackung vom Hersteller zum Handel
- Versand der Verpackung vom Handel zu Kundinnen und Kunden inklusive der letzten Meile mit kleineren Transportfahrzeugen
- Bereitstellung der Energieträger wie Erdöl, Erdgas, Kohle oder Strom etc.

## 2.2 Datengrundlage

Für die Basisprozesse wie z. B. die Bereitstellung der fossilen Energieträger und des Stroms, Wasserversorgung, Transporte und die Entsorgung durch thermische Verwertung sowie für die Herstellung der Verpackungen wurden Daten aus unterschiedlichen Quellen verwendet, die sich überwiegend auf den Untersuchungsraum Deutschland beziehen bzw. einen engen technologischen Bezug zum untersuchten System aufweisen (Umweltbundesamt 2019a, 2019b, 2015; Keith 2010; Pro Carton 2019; epa 2015; Franklin Associates 2018).

Die Emissionen aus der Verpackungsherstellung können je nach Materialqualität und -art (Material bzw. Polymer, Folie oder Hartkunststoff, primäres Material oder Rezyklat, Food-contact-Qualität) deutlich variieren. Die möglichen Bandbreiten sind in Abbildung 2 dargestellt (Pro Carton 2019; Keith 2010; Plastics Europe 2005; epa 2015; Umweltbundesamt 2015; Franklin Associates 2017, 2018).

Abbildung 2: Bandbreiten der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Material- und Verpackungsherstellung

## 2.3 Modellparameter

Die Ergebnisse der ökologischen Betrachtung sind abhängig von einer Reihe von zentralen Parametern. Im Folgenden werden die zentralen Modellparameter kurz beschrieben und ihr Einfluss auf das Gesamtmodell benannt.

### 2.3.1 Ausschuss für die Mehrwegverpackung und Umlaufzahl

Innerhalb eines Mehrwegsystems bestimmt der Ausschuss, also die Menge an Mehrwegverpackungen (MWV), welche nicht im Kreislauf gehalten werden, sondern diesen als Abfall verlassen, die Anzahl der Umläufe, die eine einzelne MWV erreichen kann. Bei hohem Ausschuss, beispielsweise dadurch, dass die MWV nicht durch die Kundinnen und Kunden zurückgesendet, sondern entsorgt werden, erreicht die einzelne Verpackung im Durchschnitt nur wenige Umläufe, bevor sie durch eine neue ersetzt werden muss, um die Gesamtmenge im Verpackungspool konstant zu halten. Der angenommene Ausschuss ist somit maßgebend für die durchschnittliche Umlaufzahl (ULZ) der einzelnen MWV und bestimmt somit zu einem großen Teil das Funktionieren des Mehrwegsystems, dessen Ressourcenverbrauch und ökologische Bilanz.

Für den Ausschuss wurden im Modell zwei mögliche Stellschrauben genutzt, einerseits der kundenseitige Ausschuss, durch fälschliche oder achtlose Entsorgung der MWV anstelle eines Rückversands, andererseits der Ausschuss mangelhafter MWV bei der Wiederaufbereitung. Zusammengenommen ergeben beide Ausschüsse den Gesamtausschuss, der mit der durchschnittlichen ULZ wie folgt zusammenhängt:

$$\phi ULZ = 1 + \frac{\log(0,5)}{\log(1 - Ausschuss)}$$

Bei einem Ausschuss von 20 % des Verpackungspools ergäbe sich folglich eine durchschnittliche ULZ von 4,11 Umläufen.

### 2.3.2 Sammel- und Recyclingquote am Lebensende

Im Zusammenhang mit Recycling wird oft von Recyclingquoten oder -raten, oder aber auch von Sammelquoten gesprochen. In diesem Modell werden diese Begriffe folgendermaßen verwendet:

**Quote der getrennten Sammlung** – Anteil der in Verkehr gebrachten Menge einer Verpackung, welche getrennt erfasst und dem Recycling zugeführt wird.

**Recyclingquote** – Anteil des Verpackungsmaterials, welcher als Rezyklat im Recyclingprozess entsteht. Das heißt, die Recyclingquote berücksichtigt die Materialverluste, die während des Recyclingprozesses durch Aussortierung anfallen.

### 2.3.3 Auslastung der Transportfahrzeuge

Eine weitere Stellschraube zur Beeinflussung der Umweltbilanz der Transportprozesse ist die Auslastung der Transportfahrzeuge. Sind die Fahrzeuge nicht vollständig ausgelastet, so verschlechtert sich die Umweltbilanz der einzelnen Transportprozesse, was im Modell für jeden der Transportprozesse von der Herstellung der Verpackungen über den Versand bis zu Kundinnen und Kunden und zur Wiederaufbereitung zurück separat einstellbar ist.

Theoretisch ist eine komplette Auslastung der Transportfahrzeuge rechnerisch nie erreichbar, da ein Teil der Strecke immer leer zurückgelegt wird. Beispielsweise entleert sich beim Transport zu Kundinnen und Kunden der Transporter stetig mit der Anzahl ausgelieferter Pakete. Somit ergibt sich bei der Berechnung der durchschnittliche Auslastung maximal 50 % Auslastung für den Transportprozess, angenommen er fährt komplett ausgelastet beim Paketzentrum ab und kehrt leer wieder zurück.

Basierend auf Statistiken des Kraftfahr-Bundesamts zum Verkehr deutscher Lastfahrzeuge im Dezember 2018 ergeben sich für alle Fahrten (Fahrten mit und ohne Ladung) durchschnittliche Auslastungsgrade der Beförderungsleistung von 28,5 % bis 41,5 %, abhängig von der zulässigen Gesamtmasse der Lastfahrzeuge (KBA 2018).

## 3 Ergebnisse für verschiedene Mehrweg-Verpackungstypen

Es wurden zwei unterschiedliche Mehrwegversandverpackungen untersucht, deren Gewichte und Materialzusammensetzung auf dem Markt verfügbaren, in der Praxis eingesetzten Mehrwegverpackungen beruhen. Zum einen ist es eine Hartplastik (PP)-Mehweg-Box, zum anderen eine Kunststoff-Versandtasche.

### 3.1 PP-Mehweg-Box

#### 3.1.1 Annahmen

Die erste untersuchte Mehrwegversandverpackung ist eine Hartplastik Box, die anstelle einer PPK-Einweg-Box verwendet werden kann und über eine erhöhte Schutzfunktion verfügt. Die Box, die auf Basis verfügbarer und auch in der Praxis eingesetzter Mehrwegboxen modelliert wurde, besteht aus Polypropylen und wiegt 1,7 kg.

Die zentralen Parameter der Modellierung sind:

- Gewicht der Kunststoff-Box: 1700 g
- Material: Polypropylen (PP)
- Ausschuss beim Kunden: 90 % des Ausschusses (Gesamtausschuss abhängig von ULZ)
- Ausschuss bei der Aufbereitung: 10 % des Ausschusses (Gesamtausschuss abhängig von ULZ)
- Getrennte-Erfassungs-Quote (Anteil des Ausschusses, welcher in ein Recycling geht): 100 %
- Recyclingquote (Anteil des Inputs ins Recycling, welcher gutgeschrieben wird): 0%

Für die Herstellung der Mehrweg-Box wurden im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse Berechnungen mit drei verschiedenen Emissionsfaktoren angestellt, um die Empfindlichkeit der Ergebnisse auf eine Veränderung der dem Modell zugrunde liegenden Emissionsfaktoren zu testen (Keith 2010; Plastics Europe 2005; epa 2015). Des Weiteren wurde für die Transportvorgänge von folgenden Distanzen ausgegangen:

- Transport zum Warenverteilzentrum des Handels/ Warenlager 600 km

• Transport zum Start-Paketzentrum	200 km
• Transport zum Ziel-Paketzentrum	50 km
• Transport zum Kunden (Letzte Meile)	30 km
• Rückversand an Aufbereitung	600 km
• Rückversand an Handel	0 km
• Transport zur Entsorgung	40 km
• Wiederaufbereitung - Verbrennung	100 km
• Recycling - Verbrennung	100 km

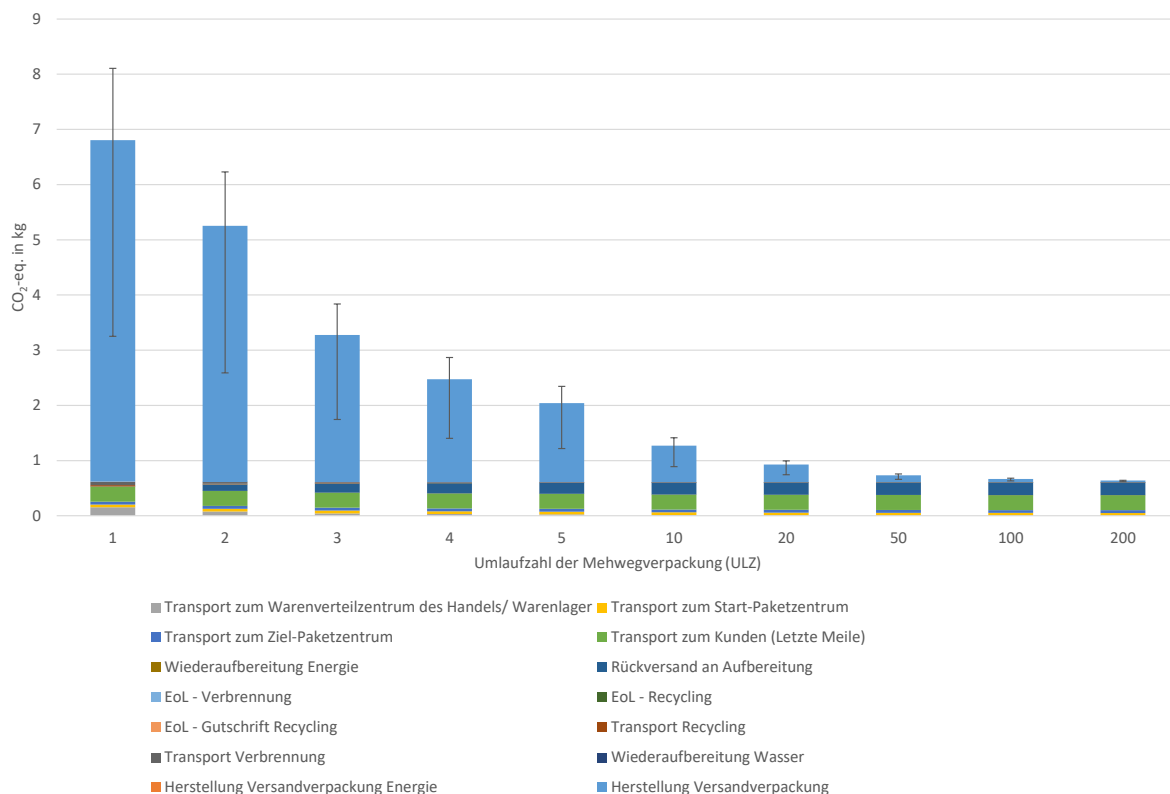
### 3.1.2 Ergebnisse

Die Treibhausgasemissionen (in CO<sub>2</sub>-Equivalenten) pro Umlauf bei unterschiedlichen erreichten Umlaufzahlen sind in Abbildung 3 grafisch dargestellt. In der Darstellung erkennbar ist, dass die Emissionen pro Umlauf sich bei höheren Umlaufzahlen deutlich verringern. Dies liegt daran, dass die Emissionen, welche mit der Herstellung der Verpackung verbunden sind, sich über die Anzahl der Nutzungen der Verpackung verteilen und sich somit bei höheren Umlaufzahlen reduzieren. Auf der anderen Seite erhöhen sich bei höheren Umlaufzahlen die Emissionen, welche mit Transportvorgängen und der Wiederaufbereitung in Verbindung stehen, da mehr Verpackungen zurück an die Aufbereitung und das Warenlager gesendet werden. Des Weiteren ist in der Grafik als Spannweite dargestellt, welchen Einfluss die Auswahl unterschiedlicher Emissionsfaktoren für die Herstellung der Kunststoffbox auf die Gesamtemissionen hat.

Bei lediglich einem erreichten Umlauf, wenn also die Verpackung nach einmaligem Versand entsorgt wird, fallen insgesamt 0,51 kg CO<sub>2</sub>-eq. für alle Prozesse von der Herstellung über den Transport und die Entsorgung an.

Die Verwendung alternativer Daten für die Verpackungsherstellung im Rahmen der Sensitivitätsanalyse ergeben eine Spannweite von 0,27 kg CO<sub>2</sub>-eq. (epa 2015) bis 0,61 kg CO<sub>2</sub>-eq. (Plastics Europe 2005).

Abbildung 3 Emissionen pro Umlauf abhängig von der erreichten Umlaufzahl für eine PP-Box



Dieses Beispiel zeigt exemplarisch, welche große Auswirkung die Verwendung verschiedener Datensätze für die Herstellung der Verpackung auf die Gesamtergebnisse haben kann. Insbesondere für den Vergleich mit anderen Mehrweg- oder Einwegversandverpackungen ist daher die Auswahl der geeigneten Datengrundlage von Bedeutung.

## 3.2 Kunststoff-Mehrwegversandtasche

### 3.2.1 Annahmen

Die zweite untersuchte Mehrwegversandverpackung ist eine Kunststoff-Versandtasche aus Polypropylen mit einem Gewicht von 0,118 kg. Die Modellierung erfolgt hier ebenso in Anlehnung an real verfügbare und eingesetzte Mehrwegverpackungen. Zur Modellierung wurden folgende Annahmen getroffen:

- Gewicht Mehrwegversandtasche: 118 g
- Material: Polypropylen (PP)
- Ausschuss beim Kunden: 90 % des Ausschusses (Gesamtausschuss abhängig von ULZ)
- Ausschuss bei der Aufbereitung: 10 % des Ausschusses (Gesamtausschuss abhängig von ULZ)
- Getrennte-Erfassungs-Quote (Anteil des Ausschusses, welcher in ein Recycling geht): 100 %

Für die Herstellung der Versandtasche wurde analog zur PP-Box ebenfalls eine Sensitivitätsanalyse mit einer Berechnung mit drei verschiedenen Datensätzen für die Verpackungsherstellung angestellt, um die Empfindlichkeit der Ergebnisse auf eine Veränderung der dem Modell zugrunde liegenden Emissionsfaktoren zu prüfen.

Des Weiteren wurde für die Transportvorgänge von folgenden Distanzen ausgegangen:

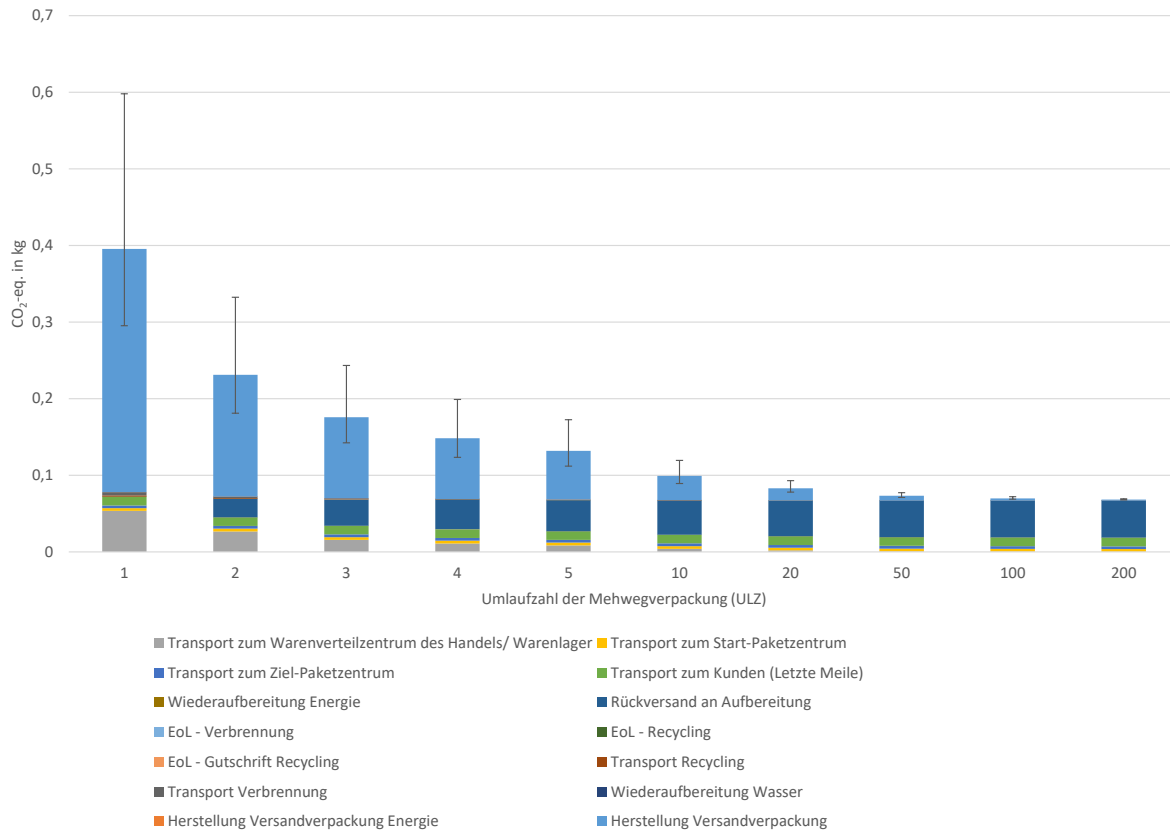
- |   |         |
|---|---------|
| • Transport zum Warenverteilzentrum des Handels/ Warenlager | 3000 km |
| • Transport zum Start-Paketzentrum                          | 200 km  |
| • Transport zum Ziel-Paketzentrum                           | 50 km   |
| • Transport zum Kunden (Letzte Meile)                       | 30 km   |
| • Rückversand an Aufbereitung                               | 3000 km |
| • Rückversand an Handel                                     | 0 km    |
| • Transport zur Entsorgung                                  | 40 km   |
| • Wiederaufbereitung - Verbrennung                          | 100 km  |
| • Recycling - Verbrennung                                   | 100 km  |

### 3.2.2 Ergebnisse

Die Treibhausgasemissionen ausgedrückt in kg CO<sub>2</sub>-eq., welche pro Umlauf bei unterschiedlichen erreichten Umlaufzahlen emittiert werden, sind in Abbildung 4 grafisch dargestellt. Wie auch für die PP-Box verringert sich die Summe der Treibhausgasemissionen auf einen Umlauf gerechnet bei höheren Umlaufzahlen, da sich die Emissionen, welche mit der einmaligen Herstellung der Versandtasche verbunden sind über die Umläufe verteilen. Hinzu kommen die Transportvorgänge, welche bei höheren Umlaufzahlen mehr Emissionen verursachen, da mehr Verpackungen zurück an die Aufbereitung und das Warenlager gesendet werden.



Abbildung 4: Emissionen pro Umlauf abhängig von der erreichten Umlaufzahl für eine PP-Versandtasche



Ebenfalls dargestellt in Abbildung 4 ist die Spannweite der mit der Herstellung verbundenen Emissionen bei unterschiedlichen angenommenen Emissionsfaktoren. Bei lediglich einem erreichten Umlauf, wenn also die Verpackung nach einmaligem Versand entsorgt wird, fallen insgesamt 0,38 kg CO<sub>2</sub>-eq. für alle Prozesse von der Herstellung über den Transport und die Entsorgung an.

Die Sensitivitätsanalyse ergab eine Spannweite von 0,33 kg CO<sub>2</sub>-eq. (epa 2015) bis 0,58 kg CO<sub>2</sub>-eq. (Plastics Europe 2005).

Auch am Beispiel der Mehrweg-Versandtasche zeigt sich hier also, dass die Wahl der Emissionsfaktoren, welche den einzelnen Prozessen innerhalb des Modells zugrunde gelegt sind, einen entscheidenden Einfluss auf die Ergebnisse der Modellberechnung hat.

Würde die Versandtasche nur einmal versendet, so entfielen die gesamten Herstellungsemissionen auf diesen einzelnen Umlauf. Die Herstellung der Versandtasche macht folglich auch den größten Teil der Emissionen aus, gefolgt von den Transportprozessen. Aufgrund der großen Entfernung zur Aufbereitung ergeben sich für den Transport der Versandtasche zum Warenverteilzentrum des Handels die größten Emissionen innerhalb der Transportvorgänge. Ebenfalls ins Gewicht fällt der Transport zu Kundinnen und Kunden über die „letzte Meile“, da bei diesem Transportvorgang kleinere 3,5 t Transporter zum Einsatz kommen, die zudem einen deutlich geringeren Auslastungsgrad haben.

## 4 Vergleich Mehrweg- mit Einwegversandverpackungen

Der Vergleich zwischen Mehrweg- und Einwegverpackungen ist notwendig, um zu bestimmen unter welchen Bedingungen das eine oder andere System ökologisch vorteilhaft ist. Um einen realitätsnahen Vergleich zwischen Einweg- und Mehrwegverpackungen vorzunehmen, müssen Verpackungen mit ähnlichen Funktionen und Leistungen verglichen werden. Dies betrifft insbesondere ein vergleichbares Füllvolumen und Produktschutz.

### 4.1 Annahmen für die Einwegversandverpackungen

Zum Vergleich mit den vorstehend beschriebenen Mehrwegverpackungen, wurden in Bezug auf Gewicht, Material und Füllvolumen unterschiedliche, gebräuchliche Einwegversandverpackungen herangezogen. Versandtaschen aus PP und LDPE Folie werden üblicherweise für den Versand von Kleidung verwendet und sind in unterschiedlichen Größen verfügbar. Werden sie durch MWV ersetzt, so kann dies durch eine Versandtasche oder eine Box geschehen. Für Waren mit höheren Anforderungen an den Produktschutz werden üblicherweise Kartons unterschiedlicher Größen genutzt. Im Modell wurden diese Einwegversandverpackungen mit der Nutzung der Mehrweg-Hartplastik- (PP) Box verglichen, die einen ähnlichen Produktschutz bieten.

### 4.2 Vergleich der Mehrweg-PP-Box mit Einwegkartons

#### 4.2.1 Annahmen Mehrweg-PP-Box

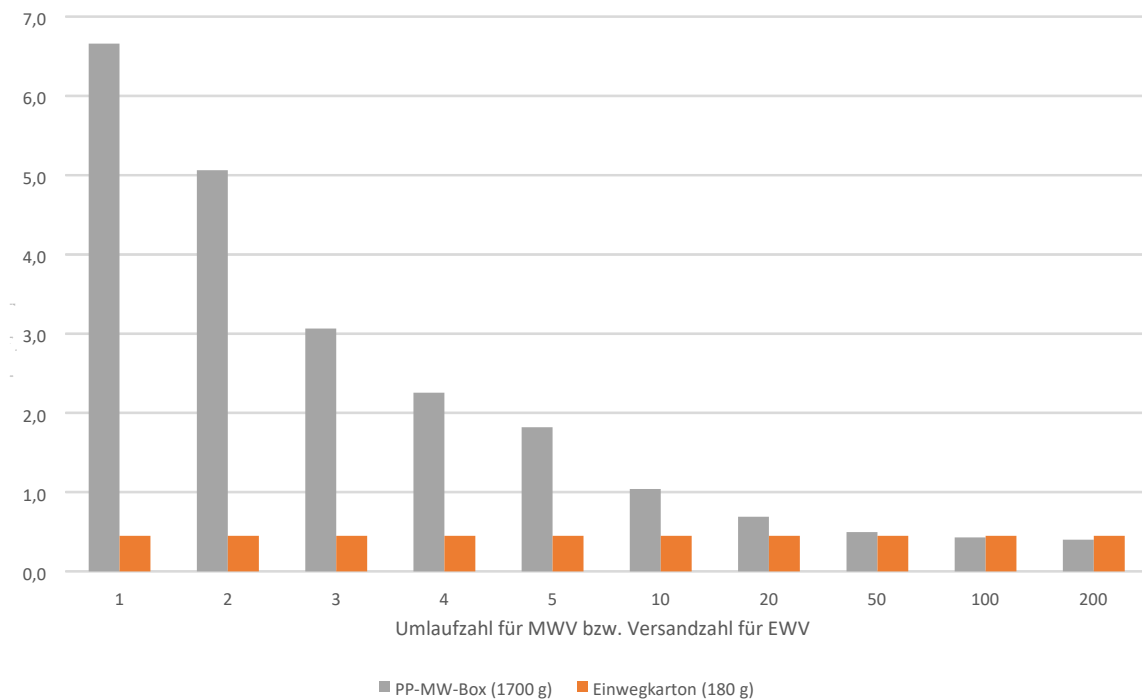
Für den Vergleich zwischen Mehrwegversandboxen und Einwegkartons wurde je eine Versandverpackung mit den gleichen Transportentfernungen modelliert. Die modellierten Verpackungen sind einerseits die Mehrweg-Box aus Polypropylen mit einem Volumen von 14 l und einem Gewicht von 1700 g, andererseits der Einwegkarton mit einem Volumen von ebenfalls 14 l und einem Gewicht von 180 g. Für das Einwegsystem wurden bis auf die Transportvorgänge des Rückversands, welche hier entfallen, die gleichen Transport-Entfernungen angenommen.

Für die Entsorgung wurde sowohl bei der Mehrweg- als auch bei der Einwegverpackung von einer vollständigen Erfassung der Verpackungen über den richtigen Materialstrom (Kunststoffe bzw. Gelber Sack und PPK – Papier, Pappe, Kartonagen) ausgegangen um die Transportvorgänge zur Behandlung abzubilden.

#### 4.2.2 Ergebnisse Mehrweg-Box vs. Einweg-Karton

In Abbildung 5 ist die Entwicklung der Emissionen pro Umlauf über die erreichte Umlaufzahl für die Mehrweg-Box beziehungsweise die Anzahl der Sendungen für den Einwegkarton dargestellt. Die Emissionen pro Umlauf für den Versand der Mehrweg-Box reduzieren sich bei größeren erreichten Umlaufzahlen auf die Emissionen, welche in den Transportvorgängen und der Entsorgung entstehen. Im hier dargestellten Beispiel schließt die Mehrweg-PP-Box ab einer erreichten Umlaufzahl von 81 Umläufen mit dem Einwegkarton auf und erreicht ab dem 82. Umlauf weniger Emissionen als ein Einwegkarton. Geht man für die Herstellung des Einwegkartons nicht von einem Emissionsfaktor für Recycling-Karton, sondern für Primärmaterial aus, so erreicht die Mehrweg-PP-Box bereits nach 61 Umläufen einen Gleichstand mit dem Einwegkarton.

Abbildung 5 Vergleich der Treibhausgasemissionen eines Einwegkartons mit der Mehrweg-PP-Box pro Umlauf bei unterschiedlichen erreichten Umlaufzahlen (für MWV)

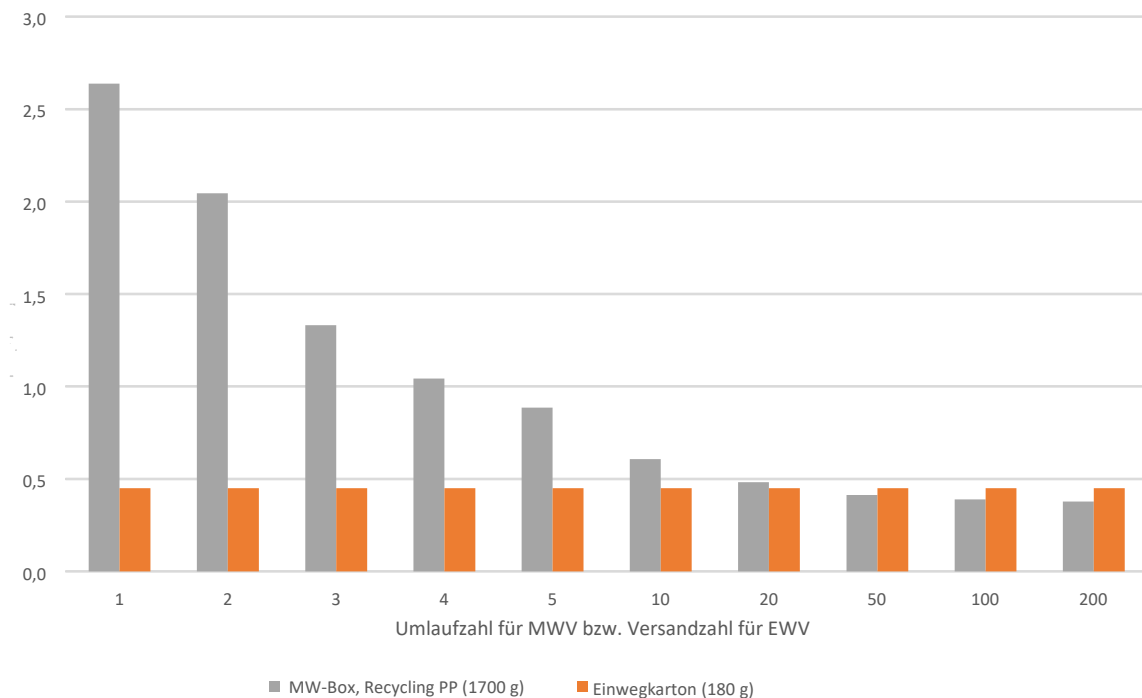


### 4.2.3 Ergebnisse Mehrweg-Box aus Recycling-Kunststoff

Um die Auswirkungen eines Einsatzes von Recycling-Kunststoff bei der Herstellung der Mehrweg-PP-Box auf die Gesamtemissionen zu testen, wurde ein weiteres Szenario berechnet. In nachstehender Abbildung sind die Ergebnisse für eine Mehrweg-Box aus Recycling-Kunststoff dargestellt.

In Abbildung 6 ist die Entwicklung der Emissionen pro Umlauf bei unterschiedlichen erreichten Umlaufzahlen für die Mehrweg-Box aus Recycling-PP dargestellt. Der Einsatz des Recycling-PP verringert die Anzahl der benötigten Umläufe bis zum „Break-even-Point“ auf 32 Umläufe.

Abbildung 6 Vergleich der Treibhausgasemissionen eines Einwegkartons und der Mehrweg-PP-Box aus Recycling-PP pro Umlauf bei unterschiedlichen erreichten Umlaufzahlen (für MWV)



## 4.3 Vergleich der Mehrwegversandtasche mit Einwegversandverpackungen

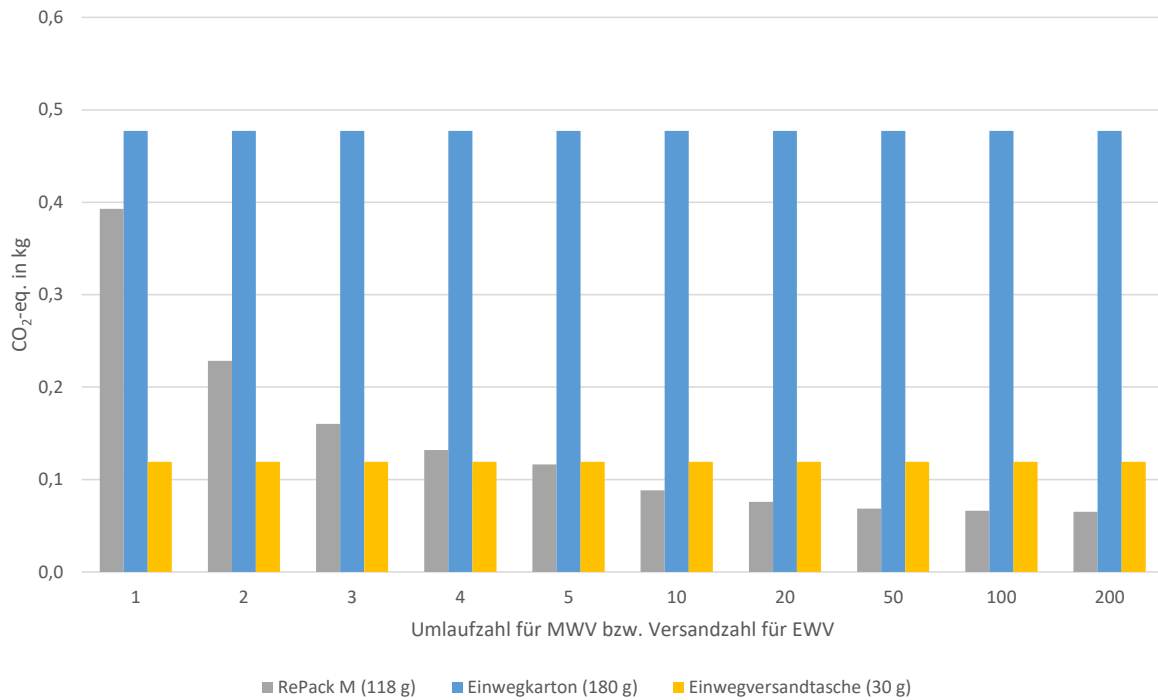
### 4.3.1 Annahmen Versandtasche

Für den Vergleich zwischen Mehrwegversandtasche und Einwegkartons wurde je eine Versandverpackung mit den gleichen Transportentfernungen modelliert. Die modellierten Verpackungen sind einerseits die Mehrwegversandtasche aus Polypropylen-Folie mit einem Volumen von 21 l und einem Gewicht von 118 g (vgl. Abschnitt 3.2.2) andererseits der Einwegkarton mit einem Volumen von 21 l und einem Gewicht von 180 g.

### 4.3.2 Ergebnisse Versandtasche

Im Vergleich mit einem Einwegkarton gleichen Volumens schneidet die Mehrwegversandtasche bereits ab dem ersten Versand besser ab. Dies ist insbesondere auf das Gewicht des Kartons von 180 g gegenüber dem der Mehrwegversandtasche von nur 118 g und den damit verbundenen höheren Herstellungs- und Transportemissionen zurückzuführen. Im Vergleich mit einer regulären Versandtasche aus LDPE mit einem Gewicht von 30 g erreicht die Mehrwegversandtasche nach circa 8 Umläufen die gleichen Emissionen pro Umlauf wie die Einwegversandtasche. Die Ergebnisse für die unterschiedlichen Versandverpackungen sind in nachstehender Abbildung grafisch dargestellt.

Abbildung 7 Vergleich der Treibhausgasemissionen pro Umlauf bei unterschiedlichen erreichten Umlaufzahlen



## 5 Interpretation

In Übereinstimmung mit Studien zu Mehrwegverpackungssystemen abseits des Versandhandels hat die vergleichende Betrachtung von Einweg- und Mehrwegverpackungssystemen ergeben, dass die Mehrwegsysteme ökologisch vorteilhaft sind, soweit eine bestimmte Umlaufzahl realisiert wird. Je nach konkretem Einzelfall kann der zu erreichende Break-even-Point – wie hier im Fall der untersuchten Mehrweg-Versandtasche – im niedrigen einstelligen Bereich liegen, in anderen Fällen aber auch deutlich höher – wie bei der untersuchten Mehrweg-PP-Box. Zentral ist also, das System so zu gestalten, dass eine hohe Rücklaufquote erreicht wird. Faktoren wie Auslastung der Transportprozesse und Transportdistanzen sind weniger entscheidend, jedoch kann auch hier durch eine Optimierung die ökologische Performance von Mehrwegsystemen deutlich verbessert werden.

Gleichzeitig ist sehr deutlich geworden, dass die Ergebnisse in erheblichem Maße von den verwendeten Datensätzen für die Material- und Verpackungsherstellung abhängen. Für die grundsätzliche Untersuchung der Vorteilhaftigkeit von Mehrweg-Versandverpackungen, wie sie in dieser Arbeit vorgenommen wurde, wurde der Einfluss der hier bestehenden Unterschiede deutlich gemacht. An der grundsätzlichen Aussage ändert sich hierdurch nichts. Für Untersuchungen realer Verpackungen sollte jedoch je nach Verfügbarkeit soweit wie möglich auf Primärdaten zurückgegriffen werden, um präzise und belastbare Ergebnisse zu ermöglichen.

Weitere Verbesserungen im Mehrwegsystem – wie insbesondere am Beispiel der Hartkunststoff-Kiste gezeigt – bestehen in der Materialauswahl. So lässt sich beispielsweise durch den Einsatz von Recyclingkunststoffen eine relevante Verbesserung der ökologischen Performance erreichen.

## Literaturverzeichnis

BEVH (2019): Interaktiver Handel in Deutschland. Ergebnisse 2018. Hg. v. Bundesverband E-Commerce und Versandhandel Deutschland e.V. (bevhh).

BIEK (2019): Clever verpackt - effizient zugestellt. KEP-Studie 2019 - Analyse des Marktes in Deutschland. Hg. v. Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK), zuletzt geprüft am 18.02.2020.

Cooper, Daniel R.; Gutowski, Timothy G. (2017): The Environmental Impacts of Reuse: A Review. In: *Journal of industrial ecology* 21 (1), S. 38–56. DOI: 10.1111/jiec.12388.

DCTI (2015): Klimafreundlich einkaufen - Eine vergleichende Betrachtung von Onlinehandel und stationärem Einzelhandel. Hg. v. Deutsches Clean Tech Institut (DCTI).

Edwards, Julia; McKinnon, Alan; Cullinane, Sharon (2011): Comparative carbon auditing of conventional and online retail supply chains: a review of methodological issues. In: *Supp Chain Mngmnt* 16 (1), S. 57–63. DOI: 10.1108/135985411111103502.

Edwards, Julia B.; McKinnon, Alan C.; Cullinane, Sharon L. (2010): Comparative analysis of the carbon footprints of conventional and online retailing. In: *Int Jnl Phys Dist & Log Manage* 40 (1/2), S. 103–123. DOI: 10.1108/09600031011018055.

epa (2015): Waste reduction model WARM. Online verfügbar unter <https://www.epa.gov/warm/versions-waste-reduction-model-warm>.

Franklin Associates (2017): Comparative Life Cycle Assessment of Reusable Plastic Containers and Display and non-Display Ready Corrugated Containers Used for Fresh Produce Applications. Hg. v. IFCO Corporation, zuletzt geprüft am 11.01.2019.

Franklin Associates (2018): Life cycle impacts for postconsumer recycled resins: PET, HDPE, and PP. Hg. v. The Association of Plastic Recyclers.

Gombiner, Joel (2011): Carbon footprinting the internet. In: *Consilience* (5), S. 119–124.

HDE (2019): Online Monitor 2019. Hg. v. Handelsverband Deutschland (HDE).

Hischier, Roland (2018): Car vs. Packaging—A First, Simple (Environmental) Sustainability Assessment of Our Changing Shopping Behaviour. In: *Sustainability* 10 (9), S. 3061. DOI: 10.3390/su10093061.

Jepsen, Dirk; Spengler, Laura; Reihlen, Antonia; Vollmer, Annette (2015): Langlebigkeit als Ökodesign-Prinzip. Hg. v. Ökopool, zuletzt geprüft am 18.02.2020.

Jepsen, Dirk; Zimmermann, Till; Rödig, Lisa (2019): Eco Design von Kunststoff-Verpackungen. Der Management-Leitfaden des Runden Tisches. Hg. v. IK - Industrievereinigung Kunststoffverpackungen. Runder Tisch Eco Design von Kunststoffverpackungen. Bad Homburg. Online verfügbar unter [https://ecodesign-packaging.org/wp-content/uploads/2019/06/ecoDesign\\_Kernleitfaden\\_WEBpdf.pdf](https://ecodesign-packaging.org/wp-content/uploads/2019/06/ecoDesign_Kernleitfaden_WEBpdf.pdf).

Kahlenborn; Walter; Keppner; Benno; Uhle; Christian et al. (2018): Die Zukunft im Blick: Konsum 4.0: Wie Digitalisierung den Konsum verändert. Trendbericht zur Abschätzung der Umweltwirkungen. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau, zuletzt geprüft am 28.01.2020.

KBA (2018): Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge (VD). Gesamtverkehr. Hg. v. Kraftfahrt-Bundesamt. Flensburg, zuletzt geprüft am 18.02.2020.

Keith, James (2010): Methodology for assessing the climate change impacts of packaging optimisation under the Courtauld Commitment Phase 2. Final report. Hg. v. wrap.

Mangiaracina, Riccardo; Marchet, Gino; Perotti, Sara; Tumino, Angela (2015): A review of the environmental implications of B2C e-commerce: a logistics perspective. In: *Int Jnl Phys Dist & Log Manage* 45 (6), S. 565–591. DOI: 10.1108/IJPDLM-06-2014-0133.

Mottschall, Moritz (2015): Online shoppen oder beim lokalen Händler? Hg. v. Öko-Institut e.V. (oeko.de). Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/aktuelles/2015/online-shoppen-oder-beim-lokalen-haendler/>, zuletzt geprüft am 16.01.2020.

Oláh, Judit; Kitukutha, Nicodemus; Haddad, Hossam; Pakurár, Miklós; Máté, Domicián; Popp, József (2019): Achieving Sustainable E-Commerce in Environmental, Social and Economic Dimensions by Taking Possible Trade-Offs. In: *Sustainability* 11 (1), S. 89. DOI: 10.3390/su11010089.

Plastics Europe (2005): Eco-profiles. Online verfügbar unter <https://www.plasticseurope.org/en/resources/eco-profiles>.

praxPACK (2019): User-integrated development and testing of business models for reusable packaging solutions in online retailing. Online verfügbar unter <https://praxpack.de/en/?lang=en>, zuletzt aktualisiert am 03.02.2020, zuletzt geprüft am 20.02.2020.

Pro Carton (2019): The Carbon Footprint of Carton Packaging 2019. Executive Summary.

Raugei, Marco; Fullana Palmer, Pere; Puig Vidal, Rita; Torres, Alejo (2009): Single-use vs reusable transport packaging: a comparative life cycle analysis. In: *Packag. Technol. Sci.* 22 (8), S. 443–450.

Umweltbundesamt (2015): ProBas - Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php>, zuletzt geprüft am 21.01.2020.

Umweltbundesamt (2019a): Emissionskennzahlen Datenbasis 2017. Emissionsfaktoren bezogen auf Personen-/ Tonnenkilometer. Hg. v. Umweltbundesamt GmbH (AT). Wien.

Umweltbundesamt (2019b): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2018.

van Loon, Patricia; Deketele, Lieven; Dewaele, Joost; McKinnon, Alan; Rutherford, Christine (2015): A comparative analysis of carbon emissions from online retailing of fast moving consumer goods. In: *Journal of Cleaner Production* 106, S. 478–486. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.06.060.

Weber, Christopher L.; Hendrickson, Chris T.; Matthews, H. Scott; Nagengast, Amy; Nealer, Rachael; Jaramillo, Paulina (2008): Life cycle comparison of traditional retail and e-commerce logistics for electronic products: A case study of buy. com. Hg. v. Green Design Institute und Carnegie Mellon University.

Wiese, Anne (2013): Sustainability in Retailing – Environmental Effects of Transport Processes, Shopping Trips and Related Consumer Behaviour. Dissertation. Universität Göttingen, Göttingen.

Wood, Greg; Sturges of Edge, Michael (2010): Single Trip or Reusable Packaging - Considering the Right Choice for the Environment. Banbury, Oxon, England. Hg. v. wrap.