

# Studie zur **O**ekologischen **N**achhaltigkeit des **O**nehandels in Deutschland (**OeNO**-Studie)

---

Ort: Karlsruhe  
Datum: Oktober 2023

Status: Abgeschlossen

## Impressum

---

# Studie zur Oekologischen Nachhaltigkeit des Onlinehandels in Deutschland (OeNO-Studie)

### Projektleitung

**Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI**

Breslauer Straße 48  
76139 Karlsruhe

### Verantwortlich für den Inhalt des Textes

Matthias Gotsch, [matthias.gotsch@isi.fraunhofer.de](mailto:matthias.gotsch@isi.fraunhofer.de); Clemens Brauer, [clemens.brauer@isi.fraunhofer.de](mailto:clemens.brauer@isi.fraunhofer.de); Jana Thomann, [jana.thomann@isi.fraunhofer.de](mailto:jana.thomann@isi.fraunhofer.de); Niklas Reinfandt, [niklas.reinfandt@isi.fraunhofer.de](mailto:niklas.reinfandt@isi.fraunhofer.de); Heike Brugger, [heike.brugger@isi.fraunhofer.de](mailto:heike.brugger@isi.fraunhofer.de); Elisabeth Eberling, [elisabeth.eberling@isi.fraunhofer.de](mailto:elisabeth.eberling@isi.fraunhofer.de); Pia Niessen, [pia.niessen@isi.fraunhofer.de](mailto:pia.niessen@isi.fraunhofer.de)

### Verfasst im Auftrag von

**Bundesverband E-Commerce und Versandhandel Deutschland e.V. (bevh)**

Friedrichstraße 60  
10117 Berlin

### Zitierempfehlung

Gotsch, M.; Brauer, C.; Thomann, J.; Reinfandt, N.; Brugger, H.; Eberling, E.; Niessen, P. (2023): Studie zur Oekologischen Nachhaltigkeit des Onlinehandels in Deutschland (OeNo-Studie). Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.

### Veröffentlicht

Oktober 2023

### Hinweise

Dieser Bericht einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Die Informationen wurden nach bestem Wissen und Gewissen unter Beachtung der Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis zusammengestellt. Die Autor:innen gehen davon aus, dass die Angaben in diesem Bericht korrekt, vollständig und aktuell sind, übernehmen jedoch für etwaige Fehler, ausdrücklich oder implizit, keine Gewähr. Die Darstellungen in diesem Dokument spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung des Auftraggebers wider.



## Vorwort der Auftraggeber

---

„Wir haben heute viele Krisen. Auf keine gibt es einfache Antworten. Aber Digitalisierung ist immer Teil der Antwort.“ So eindeutig hat sich der Co-Bundesvorsitzende der Grünen, Omid Nouripour, Ende September 2023 zu den Chancen geäußert, mit neuester Technologie globalen Herausforderungen zu begegnen. Der Klimawandel ist eine dieser globalen Herausforderungen. Die andere: Zwischenstaatliche, politische Beziehungen verändern sich gerade grundlegend. Der Handel mit seinen Lieferketten, als ein weltweit verbindendes Element, steht in diesen Zeiten vor besonderer Herausforderung - Ökologie und Ökonomie stehen gleichermaßen auf dem Spiel.

Auch E-Commerce als digitale Ausprägung des Handels sollte seinen Baustein zum Umgang mit diesen Krisen erbringen. Globale, datenbasierte Plattformen erzeugen Resilienz, denn sie können Zugang zu Waren und Dienstleistungen bieten, wenn angestammte Beschaffungs- oder Absatzmärkte nicht mehr zugänglich sind. E-Commerce trägt zur Konsumentenwohlfahrt bei. Und: Handel verbindet.

E-Commerce ist ein Konsumfaktor, und damit wichtig für das Gedeihen der Wirtschaft – aber auch verantwortlich für den mit Verbrauch einhergehenden Verzehr von Ressourcen. Die zentrale Leistung, Güter zu Menschen zu bringen, setzt unweigerlich CO<sub>2</sub>-Äquivalente frei, belastet also die Umwelt, ob durch Lieferverkehre, Verpackungen, Energieverbrauch in Rechen- und Logistikzentren oder beim Nutzer digitaler Endgeräte.

Digitalisierung ist also immer Teil der Antwort, aber eben auch Teil des Problems. Und sollte stets Teil der Problemlösung sein – das ist unser Anspruch. Aus diesem Grund haben wir ein unabhängiges Institut beauftragt, den „ecological Impact of E-Commerce“ zu beziffern. Denn nur, was man messen kann, kann man optimieren. Darum ist diese Studie von vornherein nicht darauf angelegt, durch passende oder unpassende Vergleiche mit anderen Akteuren von möglichen eigenen Defiziten abzulenken. Vielmehr haben wir uns bewusst für eine reine Bestandsaufnahme und die Erarbeitung von für uns daraus abzuleitenden Optionen entschieden – wollen uns also „an die eigene Nase fassen“.

Unser Studienpartner Fraunhofer ISI steht mit seiner Reputation und seinen kritischen Köpfen für die nötige Unabhängigkeit. Und schließlich ist die Studie als Beitrag zur Diskussion, als Auftakt für die weitere Auseinandersetzung und den akademischen als auch gesellschaftlich-politischen Diskurs mit dem Thema vorgesehen. Wir wollen damit also Anstöße setzen und uns gerne der möglichen Kritik an der Studie und unserer Branche stellen. Wenn die Diskussion dieser Studie uns auch dafür neue Aspekte und Handlungsfelder aufzeigt, so ist dies ausdrücklich erwünscht.

Bitte lesen Sie die folgenden Seiten daher – gerne auch kritisch – und nehmen Sie den Impuls auf, den wir damit für die weitere Auseinandersetzung mit dem Thema der ökologischen Nachhaltigkeit im Onlinehandel setzen wollen.

Ihre

Christoph Wenk-Fischer & Martin Groß-Albenhausen

Hauptgeschäftsführung bevh

Berlin im Oktober 2023

### **Stimmen aus den Mitgliedsunternehmen zur Studie:**

*„Der Klimawandel ist eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung. Wir bei Amazon haben uns deshalb mit dem Climate Pledge das Ziel gesetzt, bis 2040 in allen Geschäftsbereichen CO2-neutral zu arbeiten. Um in Sachen Umwelt- und Klimaschutz die richtigen Weichenstellungen zu treffen, liefert die Fraunhofer-BEVH Studie wertvolle Hinweise. Deswegen haben wir uns gerne an ihrer Entstehung beteiligt.“*

#### **Rocco Bräuniger (Amazon EU SARL)**

*„Für uns als Familienunternehmen steht Nachhaltigkeit im Mittelpunkt unseres Handels. Wir leben die Überzeugung, dass wahre Stärke darin liegt, nicht nur für unsere aktuellen Bedürfnisse zu sorgen, sondern auch für die der folgenden Generationen. Als Familienunternehmen denken wir nicht in Quartalen oder Jahren, sondern in Jahrzehnten. Die Teilnahme an der Studie ist für uns von großer Bedeutung, denn sie unterstreicht unser Engagement für eine nachhaltige Zukunft, insbesondere in der dynamischen Welt des E-Commerce. Wir sind uns bewusst, dass unser Geschäft einen Einfluss auf die Umwelt hat und setzen uns daher intensiv für den Klimaschutz ein. Die Ergebnisse der Studie sollen uns helfen, unseren aktuellen Standpunkt zu bestimmen und neue Möglichkeiten für den Schutz des Klimas zu finden, damit wir nicht nur heute, sondern auch in Zukunft einen positiven Beitrag leisten können.“*

#### **Robert Siebel (The British Shop GmbH)**

*„Selbstverständlich interessiert mich als Unternehmer sehr, wo meine Branche und wo mein Unternehmen Cairo in Sachen Nachhaltigkeit stehen. Ich möchte aus eigenem Interesse wissen, was mein Unternehmen tun kann, um besser zu werden und wie wir unserer eigenen Verantwortung gerecht werden können. Aber ich möchte die Freiheit haben, selbst die größten und am besten passenden Gestaltungshebel für mehr Nachhaltigkeit zu wählen und zu nutzen.“*

#### **Gero Furchheim (CAIRO AG)**

*„Wer Klimaschutz als Marketingaspekt und nicht als gesellschaftliche Verantwortung sieht, nicht wirklich effektiv etwas tut, verliert neben seinem Purpose auch perspektivisch Kundinnen und Kunden, statt sie zu gewinnen und zu halten. Wir brauchen kein oberflächliches ‚Greenwashing‘, sondern kritische, fundierte Analysen und realistische Handlungsempfehlungen – so wie es diese Studie bietet, die wir genau deswegen aus vollster Überzeugung unterstützt haben.“*

#### **René Otto (Rock'n'Shop GmbH)**

*„Es kommt für mehr ökologische Nachhaltigkeit nicht primär darauf an, womit ein E-Commerce-Unternehmen handelt, sondern wie es handelt. Wie diese mit unserer Unterstützung entstandene Studie zeigt, gibt es realistische Möglichkeiten auf allen für unser Unternehmen relevanten Feldern, um nachhaltiger zu werden. Diese zu nutzen, liegt in unserem eigenen Interesse, dafür sind wir selbst in der Verantwortung. Mehr Eigeninitiative könnte so auch helfen, mehr Regelungen und Bürokratie zu vermeiden.“*

#### **Enrico Gersin (Arbeitsgruppe Sustainability & CSR skatedeluxe GmbH)**

## Inhaltsverzeichnis

---

<b>Vorwort der Auftraggeber</b> .....	<b>4</b>
<b>Executive Summary</b> .....	<b>10</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>15</b>
<b>Überblick Onlinehandel in Deutschland</b> .....	<b>17</b>
<b>1 Lieferverkehre</b> .....	<b>20</b>
1.1 <b>Ziele und Vorgehensweise</b> .....	<b>20</b>
1.2 <b>Validierung des Wissensstandes und Generierung neuer Erkenntnisse</b> .....	<b>20</b>
1.2.1 <b>Aufbereitung des Wissensstandes</b> .....	<b>20</b>
1.2.2 <b>Top-down-Berechnung der durchschnittlichen Fahrleistung je Paket</b> .....	<b>21</b>
1.2.3 <b>Logistik-Kettenabschnitte und Emissionsfaktoren</b> .....	<b>22</b>
1.2.4 <b>Zustellquote und Kundenverkehr</b> .....	<b>24</b>
1.2.5 <b>Retouren und Warengruppen</b> .....	<b>25</b>
1.2.6 <b>Zusammenfassung und Einordnung</b> .....	<b>26</b>
1.3 <b>Ansatzpunkte für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit</b> .....	<b>27</b>
1.3.1 <b>Elektrifizierung der letzten Meile</b> .....	<b>28</b>
1.3.2 <b>Zustellung an Paketshop oder Packstation</b> .....	<b>29</b>
1.3.3 <b>Senkung der Retourenquote</b> .....	<b>29</b>
1.3.4 <b>Vermeidung von Leerraum in Paketen</b> .....	<b>30</b>
1.3.5 <b>Konsolidierung im ländlichen Raum</b> .....	<b>31</b>
1.3.6 <b>Routenoptimierung</b> .....	<b>31</b>
1.4 <b>Zwischenfazit</b> .....	<b>32</b>
<b>2 Verpackungen</b> .....	<b>33</b>
2.1 <b>Ziele und Vorgehensweise</b> .....	<b>33</b>
2.2 <b>Validierung des Wissensstandes und Generierung neuer Erkenntnisse</b> .....	<b>33</b>
2.2.1 <b>Verpackungsaufkommen</b> .....	<b>33</b>
2.2.2 <b>Entsorgung und Recycling</b> .....	<b>35</b>
2.2.3 <b>CO<sub>2</sub>-Emissionen und Wasserbedarf von Versandverpackungen</b> .....	<b>38</b>
2.2.4 <b>Mehrweg-Versandverpackungen</b> .....	<b>42</b>
2.3 <b>Ansatzpunkte für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit</b> .....	<b>45</b>
2.3.1 <b>Reduktion des Verpackungsverbrauchs</b> .....	<b>45</b>
2.3.2 <b>Optimierung bezüglich der Materialauswahl</b> .....	<b>47</b>
2.3.3 <b>Einsatz von Mehrwegversandverpackungen</b> .....	<b>49</b>
2.3.4 <b>Transparenz und Information gegenüber Konsument:innen</b> .....	<b>50</b>
2.4 <b>Zwischenfazit</b> .....	<b>51</b>

<b>3</b>	<b>Digitale Infrastruktur .....</b>	<b>53</b>
3.1	Ziele und Vorgehensweise .....	53
3.2	Validierung des Wissensstandes und Generierung neuer Erkenntnisse .....	53
3.2.1	Aufbereitung des Wissensstandes .....	53
3.2.2	Validierung des Wissensstandes und Generierung neuer Erkenntnisse .....	58
3.3	<b>Ansatzpunkte mit den größten Verbesserungspotenzialen für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit .....</b>	<b>61</b>
3.3.1	Erhöhung der Nutzungsintensität und -dauer der Endgeräte .....	62
3.3.2	Adressierung der Emissionen aus dem Betrieb der nötigen IKT-Infrastruktur .....	63
3.3.3	Stärkere Nutzung von Skalierungseffekten .....	63
3.3.4	Umweltwirkungen sichtbar machen .....	64
3.3.5	Energieeffizientere Datenübertragung und Rechenzentren .....	64
3.4	<b>Zwischenfazit .....</b>	<b>65</b>
<b>4</b>	<b>Logistikzentren .....</b>	<b>66</b>
4.1	Ziele und Vorgehensweise .....	66
4.2	Validierung des Wissensstandes und Generierung neuer Erkenntnisse .....	67
4.2.1	Aufbereitung des Wissensstandes .....	67
4.2.2	Validierung des Wissensstandes und Generierung neuer Erkenntnisse .....	69
4.3	<b>Ansatzpunkte mit den größten Verbesserungspotenzialen für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit .....</b>	<b>70</b>
4.3.1	Entlastung der logistischen Infrastruktur .....	70
4.3.2	Ausschöpfung möglicher (Energie-)Effizienzpotenziale .....	71
4.3.3	Entwicklung der Logistikzentren zu Prosumenten .....	72
4.4	<b>Zwischenfazit .....</b>	<b>73</b>
<b>5</b>	<b>Neue Geschäftsmodelle .....</b>	<b>74</b>
5.1	Ziele und Vorgehensweise .....	74
5.2	Validierung des Wissensstandes und Generierung neuer Erkenntnisse .....	74
5.2.1	Instant Delivery .....	74
5.2.2	Re-Commerce-Plattformen .....	79
5.2.3	Retail-as-a-Service (RaaS) .....	82
5.2.4	Vergleich der Geschäftsmodelle .....	83
5.3	<b>Ansatzpunkte mit den größten Verbesserungspotenzialen für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit .....</b>	<b>85</b>
5.3.1	Bündelung von Lieferungen für Instant Delivery .....	85
5.3.2	Einrichtung von Ladezonen .....	85
5.3.3	RaaS an verkehrsgünstigen Standorten .....	86
5.4	<b>Zwischenfazit .....</b>	<b>86</b>
<b>6</b>	<b>Nachhaltige Konsumententscheidungen im Onlinehandel .....</b>	<b>88</b>
6.1	Ziele und Vorgehensweise .....	88

<b>6.2</b>	<b>Aufbereitung des Wissensstandes</b> .....	<b>89</b>
6.2.1	Kaufentscheidungen.....	89
6.2.2	Entscheidungsheuristiken und Urteilsverzerrungen.....	90
6.2.3	Emotion und Motivation.....	91
6.2.4	Persönliche Einstellungen.....	92
6.2.5	Soziale Faktoren.....	93
<b>6.3</b>	<b>Generierung neuer Erkenntnisse</b> .....	<b>94</b>
6.3.1	Systematische Literaturrecherche.....	94
6.3.2	Literatursuche nach Schneeballmethode.....	95
<b>6.4</b>	<b>Ansatzpunkte mit den größten Verbesserungspotenzialen für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit</b> .....	<b>96</b>
6.4.1	Personalisierung und Gamification.....	96
6.4.2	Suffizienzförderndes Marketing.....	98
6.4.3	Green Nudging.....	99
6.4.4	Eco-Labeling und Informationen am POS.....	100
<b>6.5</b>	<b>Zwischenfazit</b> .....	<b>102</b>
<b>Zusammenfassung und Diskussion</b> .....		<b>104</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....		<b>115</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....		<b>117</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....		<b>118</b>
<b>A.1</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>134</b>
A.1.1	Lieferverkehr.....	134
A.1.2	Verpackungsaufkommen.....	136
A.1.3	Mehrweg-Versandverpackungen .....	139
A.1.4	Relevante Umweltkennzeichen für PPK-Versandverpackungen .....	141
A.1.5	Abfallaufkommen von Versandverpackungen.....	142
A.1.6	Ergebnisse der Literaturrecherche zu nachhaltigem Onlinekonsum.....	143
<b>Nachwort: Politische Handlungsempfehlungen aus Sicht des bevh</b> .....		<b>148</b>

## Abkürzungsverzeichnis

---

BEV	Battery Electric Vehicle
BEVH	Bundesverband E-Commerce und Versandhandel Deutschland e. V.
B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Consumer
CE	Consumer Electronics
FMCG	Fast Moving Consumer Goods
HDPE	High Density Polyethylen
IKT	Informations-, und Kommunikations-Technologie
KEP	Kurier, Express, Paket
LDPE	Low Density Polyethylen
LVP	Leichtverpackungen
PE	Polyethylen
POS	Point of Sale
PP	Polypropylen
PPK	Papier, Pappe, Kartonagen
StVO	Strassenverkehrsordnung

## Executive Summary

---

Vor dem Hintergrund eines, bis ins Jahr 2021 kontinuierlich wachsenden Umsatzes, der im Onlinehandel in Deutschland erzielt wurde, ist eine zukünftig stetig größer werdende Bedeutung des Onlinehandels zu erwarten. Zwar war im Jahr 2022 ein leichter Rückgang des Handelsvolumens zu beobachten, aber eine grundsätzliche langfristige Umkehr des Wachstumstrends ist, trotz der derzeitigen konjunkturellen Situation, eher nicht zu erwarten.

Aufgrund dieser Ausgangssituation erscheint eine **strukturierte und umfassende Analyse der ökologischen Nachhaltigkeit des Onlinehandels in Deutschland** zielführend und angebracht. Die vorliegende Studie konzentriert sich dabei auf die ökologischen Auswirkungen und eine Aufteilung in verschiedene Bereiche des Onlinehandels, die getrennt voneinander untersucht werden. Die vier Bereiche, die jeweils in eigenständigen Arbeitspaketen bearbeitet wurden, sind:

- Lieferverkehre (inklusive Rücksendungen/Retouren)
- Verpackungen (Papier, Kunststoff, Mehrweg)
- Digitale Infrastruktur (Rechenzentren, Server, Energiebedarf)
- Logistikzentren (Energieverbräuche und Emissionen von Verteiler- und Logistikzentren)

Zusätzlich wurden zwei weitere aktuelle Trends im deutschen Onlinehandel aufgegriffen und gesondert untersucht:

- Neue Geschäftsmodelle (Instant Delivery, Recommerce-Plattformen, Retail-as-a-Service)
- Nachhaltige Konsumentenscheidungen im Onlinehandel

Die wichtigsten Erkenntnisse hinsichtlich der sechs untersuchten Aspekte werden im Folgenden kurz zusammengefasst.

Der **Lieferverkehr eines durchschnittlichen B2C Pakets durch einen KEP-Dienstleister verursacht gegenwärtig 790 g CO<sub>2</sub>e** (Dies entspricht ziemlich genau den Emissionen, die für die Herstellung von 1 kg Nudeln angesetzt werden bzw. circa 5 im PKW zurückgelegten Personenkilometern). Dabei verursacht die Auslieferung eines Paketes vom Versender zum Kunden ca. 866 g CO<sub>2</sub>e, eine Retoure nur 524 g CO<sub>2</sub>e, da Retouren oft durch die Kunden weggebracht werden, und deswegen weniger Lieferverkehr anfällt. Für einen durchschnittlichen Online-Einkauf addieren sich die Emissionen der Auslieferung und die anteiligen Emissionen an Retouren auf 981 gCO<sub>2</sub>e (ohne Kund:innenverkehr). Da die meisten Emissionen auf der letzten Meile entstehen, verursacht ein (ohne vorherigen Zustellversuch) in Paketshop oder Packstation abgeholtes Paket mit 442 gCO<sub>2</sub>e deutlich weniger als ein an der Haustür abgeliefertes Paket mit 866 gCO<sub>2</sub>e. Insgesamt werden für den Transport der 2,1 Mrd. nationalen B2C-Pakete circa 1,7 Mio. tCO<sub>2</sub>e ausgestoßen. Dies entspricht 3,7 % der Emissionen des Straßengüterverkehrs. Von dieser Paketmenge sind 20 % Retouren, die für 13 % der Emissionen verantwortlich sind. Dabei werden insgesamt 58 % der Emissionen auf dem Nachlauf, der sogenannten Letzten Meile ausgestoßen. Mit 20 ktCO<sub>2</sub>e hat der Kund:innenverkehr z.B. zur Paketstation) nur einen kleinen Anteil an den Gesamtemissionen.

Mit dem Wachstum des Onlinehandels geht auch ein vermehrtes **Verpackungsaufkommen** einher. Den größten Anteil der Versandverpackungen bilden Kartonagen. Kunststoffverpackungen werden mittlerweile als weniger nachhaltig wahrgenommen. Allgemein rückt das Thema der Nachhaltigkeit immer mehr in den Fokus und Ansätze wie Mehrwegversandverpackungen und andere Maßnahmen zur Reduktion von Umweltauswirkungen gewinnen an Bedeutung. Zur Abwägung zwischen einzelnen Verpackungsvarianten sind u. a. das Abfallaufkommen, die Recyclingfähigkeit, der Anteil an recyceltem Material, die Treibhausgas-Emissionen sowie bei Mehrwegverpackungen die Anzahl der Umläufe, wichtige Aspekte. Einweg-Versandverpackungen aus Papier bzw. Pappe werden in Deutschland im Allgemeinen in wesentlich größerem Umfang stofflich recycelt und haben einen

höheren Anteil recycelten Materials als Kunststoffverpackungen. Dahingegen führen Kunststoffverpackungen zu einer geringeren Abfallbelastung. **Die Treibhausgas-Emissionen für Einwegversandverpackungen liegen im Bereich von 20 bis 756 g CO<sub>2</sub>e, abhängig vom verwendeten Material (Papier/Pappe oder Kunststoff, Anteil recyceltes Material) und der Verpackungsgröße.** Nimmt man bei Mehrwegversandverpackungen an, dass die Rückabwicklung an einem zentralen Ort innerhalb Deutschlands stattfindet, entstehen pro Nutzungszyklus Emissionen im Bereich von 14 bis 828 g CO<sub>2</sub>e, abhängig von der Größe, dem Anteil an recyceltem Material und davon, ob es sich um eine flexible Verpackung oder eine Hartverpackung (d. h. faltbar oder nicht faltbar für den Rückversand) handelt. Eine allgemeine Bewertung zwischen Verpackungen aus Papier/Pappe und Kunststoff ist nicht möglich, hier ist eine Einzelfallbetrachtung notwendig, bei kleineren Verpackungsgrößen können Kunststoffverpackungen aber geringere CO<sub>2</sub>e-Emissionen haben als Verpackungen aus Papier/Pappe. Dabei muss aber auch die Herkunft der CO<sub>2</sub>-Emissionen beachtet werden. Bei der endgültigen Entsorgung (d. h. der Verbrennung) von Verpackungen aus Papier und Pappe wird biogenes CO<sub>2</sub> freigesetzt. Das bedeutet dieses CO<sub>2</sub> wurde zuvor durch das Wachstum der Bäume aus der Atmosphäre entnommen. Bei der endgültigen Entsorgung von Kunststoff-Verpackungen wird hingegen - Stand heute - fossiles CO<sub>2</sub> freigesetzt, welches als problematischer eingestuft werden muss.

Die Ermittlung des ökologischen Fußabdrucks der **digitalen Infrastruktur** des Onlinehandels wird von vielen Unsicherheiten sowie Abhängigkeiten vom jeweiligen Nutzungsverhalten geprägt. Bei der Betrachtung der Emissionen eines singulären Onlinekaufvorgangs kann dementsprechend vor allem der Einfluss des Verhaltens der Verbraucher:innen (Wahl energieeffizienter Endgeräte sowie nachhaltiger Umgang mit der IKT-Infrastruktur) aufgezeigt und teilweise quantifiziert werden. So konnten **Emissionen in der Höhe von 63 g CO<sub>2</sub>e, resultierend aus dem energetischen Mehraufwand eines singulären Onlinebestellvorgangs**, für die digitale Infrastruktur einer durchschnittlichen Onlinebestellung in Deutschland für das Jahr 2020 ermittelt werden. Dieser Wert kann sich jedoch, je nach getroffenen Annahmen und Nutzungsszenarien, stark unterscheiden.

Eine Top-down Betrachtung der Energieverbräuche von **Logistikzentren ergab Emissionen in Höhe von 66 g CO<sub>2</sub>e pro Paket.** Die Größenordnung dieses Wertes konnte bei Vergleichen mit der Literatur sowie der Auswertung verschiedener Geschäfts- und Nachhaltigkeitsberichte von KEP-Dienstleistern plausibilisiert werden. Für die Bottom-up-Betrachtung ergaben sich Werte von 20-32 g CO<sub>2</sub>e pro Paket und durchlaufenem Logistikzentrum. Generell können sich solche Emissionen allerdings je nach den involvierten Logistikzentren und hiermit verbundenen Faktoren wie der Größe des Standortes (mengenmäßiger Durchsatz, etc.), den Arbeitsanforderungen und Funktionen des Standortes (Art der Sendungen, Kühllager, Gefahrgut, Anteil an Fläche für längerfristige Lagerung, etc.) sowie der technischen Ausstattung (z. B. Automatisierungsgrad) und bereits ergriffenen Optimierungsmaßnahmen stark unterscheiden.

Die drei betrachteten **neuen Geschäftsmodelle** (Instant Delivery, Re-Commerce und Retail-as-a-Service) unterscheiden sich in wenigen Aspekten vom herkömmlichen Onlinehandel und die Auswirkungen dieser Unterschiede auf die ökologische Nachhaltigkeit sind als vergleichsweise gering einzuschätzen. Im Bereich der Lieferverkehre kann es jedoch bei allen drei betrachteten Geschäftsmodellen zu zusätzlichen Emissionen kommen: durch die Belieferung der Zwischenverteilzentren und die geringe Möglichkeit der Bündelung von Lieferungen bei Instant Delivery, durch zusätzliche Transportwege zur Wiederaufbereitung im Re-Commerce (welche bei einem "Recht auf Reparatur" übrigens genauso entstünden) und durch die Kombination von Onlinehandel und stationärem Handel bei RaaS, bei dem sowohl der Kund:innenverkehr als auch der Lieferverkehr im Onlinehandel entsteht. Ein wichtiger Ansatzpunkt zur Verringerung der ökologischen Auswirkungen erscheint auch hier die Elektrifizierung des Verkehrs. Speziell der Einsatz von BEV auf der letzten Meile, z.B.

bei der zeitnahen Auslieferung der kurz zuvor bestellten Lebensmittel, kann (unter der Voraussetzung, dass dadurch ein separater Wocheneinkauf der Kund:innen ersetzt wird) einen Hebel zur Emissionsreduktion darstellen. Außerdem kann die Bündelung von Lieferungen und die Einrichtung von Ladezonen positive Effekte haben. Auch wenn Re-Commerce zu erhöhten Lieferverkehren führt, kann davon ausgegangen werden, dass die THG-Vermeidung durch die Lebensdauerverlängerung von Waren und die dadurch vermiedene Neuproduktion zusätzliche Emissionen in den meisten Fällen ausgleichen, so dass Geschäftsmodelle von Re-Commerce-Plattformen (sowohl C2C als auch B2C) insgesamt als sehr positiv für den Klimaschutz einzuschätzen sind.

Aus konsumpsychologischer Sicht gibt es bei **nachhaltigen Konsumententscheidungen** Besonderheiten, die sich durch den Onlinehandel ergeben. So können sich durch die hohe Geschwindigkeit und die Zugänglichkeit Impulskäufe mehren. Auch gibt es Entscheidungsheuristiken, die für den Onlinehandel von besonderer Relevanz sind und für die Förderung von nachhaltigen Kaufentscheidungen genutzt werden können. Zwei Entscheidungsheuristiken, die dabei im Fokus stehen, sind die Emotionale Stabilität ("Vermeidung von Frustkäufen") und die bedürfnisbefriedigende Wirkung von Konsum ("Identitätstiftung"). Die sogenannte Einstellungs-Verhaltens-Lücke erklärt, warum das Bewusstsein für Nachhaltigkeit vorhanden ist, aber gleichzeitig dazu widersprüchlich gehandelt wird. Beeinflusst wird dieser Zusammenhang sowohl von Gewohnheiten, die auch im Rahmen der Kaufentscheidung unterbrochen werden können, als auch von sozialen Normen. Diese sind eine der stärksten Stellhebel, um Kaufverhalten zu ändern.

Bei einer **übergreifenden Betrachtung** fällt auf, dass grundsätzlich die meisten ökologischen Auswirkungen eines Produktes (wie z. B. Ressourcenverbräuche, Emissionen, usw.) nicht während des Handelsvorganges, sondern bereits während der Herstellung bzw. dem Produktionsprozess und bei einer eventuellen späteren Entsorgung anfallen (vgl. Zimmermann et al. 2020; Collini et al 2022). Der vergleichsweise kurze Abschnitt des Handels ist in den meisten Fällen nur für einen verhältnismäßig kleinen Anteil an THG-Emissionen verantwortlich.

Wird als Vertriebsform eine Onlinebestellung von Seiten der Kunden gewählt, was in den letzten Jahren immer häufiger der Fall war (IFH Köln 2022), zeigt sich dabei insgesamt, dass der Onlinehandel sich zwar für eine beachtliche Anzahl verschiedenster Auswirkungen auf die ökologische Nachhaltigkeit verantwortlich zeigt, dies jedoch vor dem Hintergrund gesehen werden muss, dass auch die Alternative zum Onlinehandel, nämlich der traditionelle, stationäre Einzelhandel (Retail), gleichsam Auswirkungen auf die Umwelt hat (z. B. in Form von THG-Emissionen und Flächenverbräuchen) (vgl. Zimmermann et al. 2020; Collini et al 2022) und zudem auch hier vielfältige Wege von Seiten des Kunden (während Kauf und eventueller Rückgabe) zurückgelegt werden.

Einen tatsächlichen Rückgang schädlicher Auswirkungen des Handels könnte folglich nur durch größere Suffizienz, sprich bewussten Konsumverzicht, auf Seiten der Kund:innen erfolgen. Ist die Konsumententscheidung aber erst einmal gefallen oder lässt sich der Konsum schlichtweg nicht vermeiden, muss die Entscheidung zwischen stationärem Einzelhandel oder Onlinehandel aus ökologischen Erwägungen jeweils in Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen des Einzelfalles entschieden werden. Dennoch lassen sich für eine weitere Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit des Onlinehandels einige konkrete Ansatzpunkte formulieren.

Insgesamt konnten für die sechs untersuchten Bereiche **25 verschiedene Ansatzpunkte für eine größere Nachhaltigkeit im Onlinehandel** ermittelt werden (siehe Tabelle 1.) Hierbei soll nicht unerwähnt bleiben, dass die aufgeführten 25 Ansatzpunkte in manchen Fällen durchaus auch im leichten Widerspruch zueinanderstehen können, welcher erst im Diskurs und unter Abwägung übergeordneter Interessen gelöst werden muss.

**Tabelle 1: 25 Ansatzpunkte für einen ökologisch nachhaltigeren Onlinehandel**

Bereich	Ansatzpunkt
<b>Lieferverkehre</b>	(1) Elektrifizierung der letzten Meile
	(2) Zustellung an Paketshop oder Packstation
	(3) Senkung der Retourenquote
	(4) Vermeidung von Leerraum in Paketen
	(5) Konsolidierung im ländlichen Raum
	(6) Routenoptimierung
<b>Verpackungen</b>	(7) Reduktion des Verpackungsverbrauchs
	(8) Optimierung bezüglich der Materialauswahl
	(9) Einsatz von Mehrwegversandverpackungen
	(10) Transparenz und Information gegenüber Konsument:innen
<b>Digitale Infrastruktur</b>	(11) Erhöhung der Nutzungsintensität und -dauer der Endgeräte
	(12) Adressierung der Emissionen aus dem Betrieb der nötigen IKT-Infrastruktur
	(13) Stärkere Nutzung von Skalierungseffekten
	(14) Umweltwirkungen sichtbar machen
	(15) Energieeffizientere Datenübertragung und Rechenzentren
<b>Logistikzentren</b>	(16) Entlastung der logistischen Infrastruktur
	(17) Ausschöpfung möglicher (Energie-)Effizienzpotenziale
	(18) Entwicklung der Logistikzentren zu Prosumenten
<b>Neue Geschäftsmodelle</b>	(19) Bündelung von Lieferungen für Instant Delivery
	(20) Einrichtung von Ladezonen
	(21) RaaS an verkehrsgünstigen Standorten
<b>Nachhaltige Konsumentscheidungen</b>	(22) Personalisierung und Gamification
	(23) Suffizienzförderndes Marketing
	(24) Green Nudging
	(25) Eco-Labeling und Informationen am POS

Quelle: Fraunhofer ISI

Basierend auf den vorgestellten Ergebnissen und Ansatzpunkten lassen sich, neben Werten für ein durchschnittliches "Standard"-Paket, auch ein sogenannter "**Best Case**", wie ein "**Worst Case**" eines Kaufvorganges im Onlinehandel durchspielen.

Eine durchschnittliche bzw. typische "Standard"-Paketlieferung bis an die Haustüre verursachte (inkl. Kundenverkehr) im Jahr 2021 THG-Emissionen in Höhe von 866 g CO<sub>2e</sub> durch den Lieferverkehr, 333 g CO<sub>2e</sub> durch eine durchschnittliche Versandverpackung (Faltschachtel 12,7 l) sowie 32 g CO<sub>2e</sub> im zuständigen Logistikzentrum. Hinzu kommen 63 g CO<sub>2e</sub> für die Inanspruchnahme der digitalen Infrastruktur sowie 127 g CO<sub>2e</sub> als anteilige Übernahme für mögliche Retouren. **Dies resultiert in 1421 g CO<sub>2e</sub> für die Versendung eines durchschnittlichen Paketes.**

Im Falle des "**Best Case**" würde das Versenden eines Paketes durch einen optimal geplanten und umgesetzten Transportverkehr (letzte Meile durch Elektro-Fahrzeug an eine Packstation) nur 408 g CO<sub>2e</sub> verursachen. Durch eine Mehrwegversandverpackung, die eine hohe Anzahl von Umläufen aufweist und damit eine sehr lange Lebensdauer hat würden nur ca. 14 g CO<sub>2e</sub> an THG-Emissionen verursacht (Verpackung faltbar für Rückversand, dennoch strapazierbar und hoher Anteil recyceltes Material). Zugleich würde die Abwicklung über die Logistikzentren nur 20 g CO<sub>2e</sub> an THG-Emissionen produzieren. Aufgrund der effizienten Bestellung eines gut informierten Kunden wäre die IT-Infrastruktur mit 27 g CO<sub>2e</sub> ebenfalls nur minimalst beansprucht und eine Retoure der Ware wäre natürlich nicht notwendig. Nur die Mehrwegverpackung müsste wieder retourniert werden. Insgesamt entstünden im "**Best Case**" somit **469 g CO<sub>2e</sub> an THG-Emissionen**. (Dies entspricht in etwa dem dreifachen Ausstoß eines mit einem PKW zurückgelegten Personenkilometers.)

Im Falle des "**Worst Case**" dagegen müsste der Transportverkehr, im Falle einer im dritten Versuch durch ein Dieselfahrzeug an der Haustür zugestellten Sendung, mit 2060 g CO<sub>2e</sub> angesetzt werden. Das Versenden eines Paketes würde durch eine zu große und materialintensive Mehrwegversandverpackung erfolgen und ca. 828 g CO<sub>2e</sub> an THG-Emissionen verursachen (nicht faltbar für Rückversand, geringe Anzahl an Umläufen, kein recyceltes Material). Zugleich würde die Abwicklung über die Logistikzentren mit 66 g CO<sub>2e</sub> vergleichsweise hohe THG-Emissionen produzieren. Aufgrund einer ineffizienten und schlechtinformierten Suche würde die IT-Infrastruktur mit 506 g CO<sub>2e</sub> vergleichsweise stark beansprucht und zusätzlich entscheidet sich der Kunden für einen, im Nachhinein "falschen" Artikel, den er umgehend als Retoure zurückschickt (weitere 66 g CO<sub>2e</sub> für Logistik und 900 g CO<sub>2e</sub> für Transport, zusammen also 966 g CO<sub>2e</sub> zusätzlich), nur um eine zusätzliche weitere Ersatzbestellung auszulösen. Insgesamt entstünden im "**Worst Case**" **derart 4.426 g CO<sub>2e</sub> an THG-Emissionen**. (Dies wäre also ungefähr die zehnfache Belastung im Vergleich zum "Best Case" und damit das 30-fache eines mit einem PKW zurückgelegten Personenkilometers.)

Wie diese beiden "Extrembeispiele" zeigen, hängt die ökologische Nachhaltigkeit von vielen Faktoren ab, die sich im Einzelfall sehr stark unterscheiden können. Die vorliegende Studie nennt 25 verschiedene Ansatzpunkte (verteilt über alle untersuchten Bereiche) mit denen eine Erreichung des Best Case wirkungsvoll unterstützt werden kann. Bei einer gleichzeitigen Umsetzung aller genannten Ansatzpunkte wären theoretisch sogar noch weniger Emissionen als im Best Case möglich, eine genaue Quantifizierung der exakten Beiträge der einzelnen Ansatzpunkte und der kombinierten Gesamtwirkung erscheint jedoch gegenwärtig nicht möglich.

Jedoch zeigt alleine die **Konzentration auf den Lieferverkehr** (welcher für den größten Anteil an den THG-Emissionen verantwortlich ist), dass die durch den **Lieferverkehr verursachten gegenwärtigen durchschnittlichen Emissionen pro Paket in Höhe von 866 g CO<sub>2e</sub> um circa die Hälfte, nämlich auf 408 g CO<sub>2e</sub>, zurückgehen können**, wenn z.B. der Transport auf der letzten Meile ausschließlich durch Elektro-Fahrzeuge sowie eine konsequente Anlieferung an kundennahe Packstationen erfolgen würde (siehe Ansatzpunkte 1 und 2).

## Einleitung

### Hintergrund

Vor dem Hintergrund eines, bis ins Jahr 2021 kontinuierlich wachsenden Umsatzes, der im Onlinehandel in Deutschland erzielt wurde, ist eine zukünftig stetig größer werdende Bedeutung des Onlinehandels zu erwarten. Bedingt durch nicht vorhergesehene externe Effekte (wie z. B. die Corona-Pandemie in den Jahren 2020 bis 2022) und damit einhergehende dauerhafte Verhaltensänderungen der Konsument:innen, wie stärkere Home-Office-Nutzung, sowie neue technische Möglichkeiten, wurde das Wachstum zusätzlich verstärkt. Zwar war im Jahr 2022 ein leichter Rückgang des Handelsvolumens zu beobachten, aber eine grundsätzliche langfristige Umkehr des Wachstumstrends ist, trotz der derzeitigen konjunkturellen Situation, eher nicht zu erwarten.

Fragen zur ökologischen Nachhaltigkeit des Onlinehandels werden daher immer wichtiger. Denn mit den wachsenden Umsätzen im deutschen Onlinehandel gehen beispielsweise auch wachsende Lieferverkehre, größere Verpackungsaufkommen und stärkere Energieverbräuche einher. Gleichzeitig werden durch eine Zunahme der Onlinehandelsanteile im Gegenzug an anderen Stellen des traditionellen stationären Einzelhandels auch Einsparungen an Treibstoffen und Energie realisiert. Hierbei ist beispielsweise der Wegfall von privaten Einkaufsverkehren oder energieintensiven Handelsflächen zu berücksichtigen.

Aufgrund der geschilderten Ausgangssituation, mit sowohl positiven als auch negativen Begleiterscheinungen, die sich teilweise gegenseitig bedingen, erscheint eine strukturierte und umfassende Analyse der ökologischen Nachhaltigkeit des Onlinehandels in Deutschland zielführend und angebracht. Um eine solche strukturierte Analyse vornehmen zu können, müssen verschiedene Bereiche, welche Auswirkungen auf die ökologische Nachhaltigkeit des Onlinehandels entfalten können, soweit jeweils von Relevanz, betrachtet werden:

- Klimaschutz (z. B. Treibhausgas-(THG)-Emissionen<sup>1</sup>)
- Ressourcenschutz (z. B. Energieverbräuche, Materialverbräuche, Wasserverbräuche)
- Umweltschutz (z. B. Schadstoffemissionen und Flächenverbrauch)

Da es weit verbreitet ist möglichst viele der ökologisch relevanten Auswirkungen in THG-Emissionen auszudrücken, wird auch in der vorliegenden Studie hiervon Gebrauch gemacht. Um die in den folgenden Abschnitten vorgestellten Zahlenwerte, die sich jeweils auf Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente (gCO<sub>2</sub>e) beziehen, besser einordnen zu können, kann folgende vergleichende Darstellung der Emissionen verschiedener Tätigkeiten mit Bezugsjahr 2021 als Vergleichsmaßstab dienen (siehe Tabelle 2).

**Tabelle 2: Vergleichsmaßstab für Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente (gCO<sub>2</sub>e)**

Bereich (Bezugsgröße)	Vergleichsgegenstand	Emissionswert (gCO <sub>2</sub> e)
Verkehr (Personen-Kilometer)	Pkw (1,4 Personen)	162
	Bahn, Nah- / Fernverkehr	93 / 46
	Flugzeug, Inland	271

<sup>1</sup> Zu den THG gehören neben Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) auch weitere Gase mit Treibhauspotenzial (wie z. B. Methan (CH<sub>4</sub>), Stickstoffoxid (N<sub>2</sub>O), Lachgas (N<sub>2</sub>O) oder fluorierte Treibhausgase (Umweltbundesamt 2022c). Sie werden in dieser Studie in Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente (gCO<sub>2</sub>e) quantifiziert.

Bereich (Bezugsgröße)	Vergleichsgegenstand	Emissionswert (gCO <sub>2</sub> e)
<b>Lebensmittel</b> (kg)	Nudeln	700
	Rindfleisch	12.600
<b>Energiebedingte</b>	USA	14.830.000
<b>Pro-Kopf-Emissionen</b> (im Jahr 2021)	Deutschland	8.090.000
	Indien	1.930.000

Quelle: Umweltbundesamt 2023; IEA, & Global Carbon Atlas 2022; ifeu 2020

Die vorliegende Studie konzentriert sich auf die ökologischen Auswirkungen des Onlinehandels und verwendet eine Aufteilung in verschiedene Bereiche, die getrennt voneinander untersucht werden, bevor sie daraufhin im Rahmen einer abschließenden Gesamtbetrachtung zusammengeführt werden. Nicht untersucht wurden andere Dimensionen der Nachhaltigkeit, wie z. B. ökonomische oder soziale Aspekte. Die vier Bereiche, die jeweils in eigenständigen Arbeitspaketen bearbeitet wurden, sind:

- Lieferverkehre (inklusive Rücksendungen/Retouren)
- Verpackungen (Papier, Kunststoff, Mehrweg)
- Digitale Infrastruktur (Rechenzentren, Server, Energiebedarf)
- Logistikzentren (Energieverbräuche und Emissionen von Verteiler- und Logistikzentren)

Zusätzlich wurden zwei weitere aktuelle Trends im deutschen Onlinehandel aufgegriffen und gesondert untersucht:

- Neue Geschäftsmodelle (Instant Delivery, Recommerce-Plattformen, Retail-as-a-Service)
- Nachhaltige Konsumententscheidungen im Onlinehandel

Dabei beginnt der von uns betrachtete Zyklus mit der Bestellung des Kunden im Onlinehandel und endet mit einer möglichen Retoure der Sendung. Explizit nicht mehr im Fokus der hier vorliegenden Untersuchung stehen eventuelle weitere Schritte, die den folgenden Umgang des Versenders mit einer möglichen Retoure anbelangen.

## Aufbau des Berichtes

Im folgenden Abschnitt wird zunächst ein kurzer Überblick über die aktuelle Bedeutung des Onlinehandels in Deutschland gegeben, bevor relevante vorliegende Studien, welche insbesondere die Nachhaltigkeit des Onlinehandels thematisieren, aufgeführt werden.

In den darauffolgenden Abschnitten 1, 2, 3 und 4 werden dann die vier identifizierten Aspekte (Lieferverkehre, Verpackungen, Digitale Infrastruktur, Logistikzentren) zunächst getrennt voneinander behandelt. Ebenso werden die Themen "Neue Geschäftsmodelle" und "Nachhaltige Konsumententscheidungen" in den Abschnitten 5 und 6 vorgestellt. Die grundsätzliche Vorgehensweise ist, im Rahmen der vorliegenden Studie, für alle der aufgeführten Aspekte bewusst vergleichbar gehalten worden und besteht jeweils aus den folgenden drei aufeinanderfolgenden Schritten:

- Aufbereitung des Wissensstandes bzw. Status Quo
- Validierung des Wissensstandes und Generierung neuer Erkenntnisse
- Identifikation von Ansatzpunkten mit den größten Verbesserungspotenzialen im Sinne einer stärkeren ökologischen Nachhaltigkeit

Im abschließenden Abschnitt erfolgt dann die Zusammenfassung sowie die Diskussion möglicher Zielkonflikte zwischen den einzelnen identifizierten Ansatzpunkten.

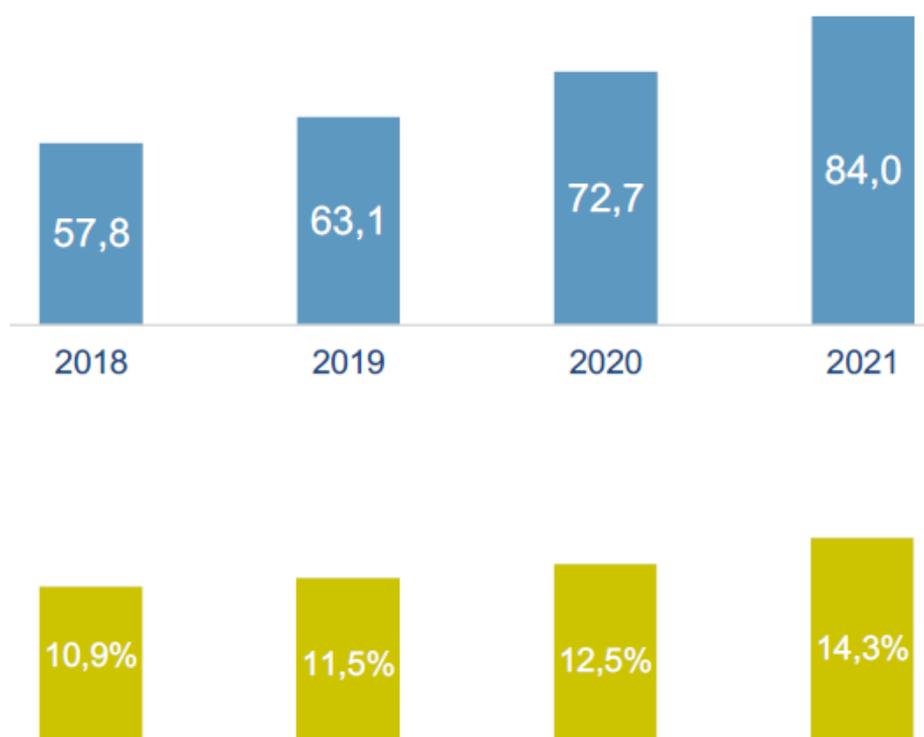
## Überblick Onlinehandel in Deutschland

### Bedeutung des Onlinehandels

In den vergangenen zwei Jahrzehnten, bis einschließlich 2021, lässt sich ein kontinuierlich wachsender Umsatzanteil des Onlinehandels am ebenfalls wachsenden gesamtdeutschen Einzelhandel beobachten. Das beschleunigte Onlinewachstum hat sich im Jahr 2021 (vermutlich bedingt durch die Folgen der Corona-Pandemie) weiter fortgesetzt. Der Onlinehandel ist mit einem Plus von 19 % gegenüber dem Vorjahr 2020 auf circa 84 Milliarden Euro gewachsen (siehe Abbildung 1). Größte Wachstumstreiber waren im Jahr 2021 die Waresegmente "Wohnen & Einrichten" (+29 %) sowie "Fast Moving Consumer Goods" (FMCG) (+30 %) (IFH Köln 2022).

Der Anteil des Onlinehandels (mit einem Umsatz von 84 Mrd. Euro) am gesamtdeutschen Einzelhandel mit einem Umsatzvolumen von insgesamt 588 Mrd. € lag somit im Betrachtungsjahr 2021 bei ungefähr 14,3 % (siehe Abbildung 1).

**Abbildung 1: Anteil des Onlinehandels am gesamten deutschen Einzelhandel**

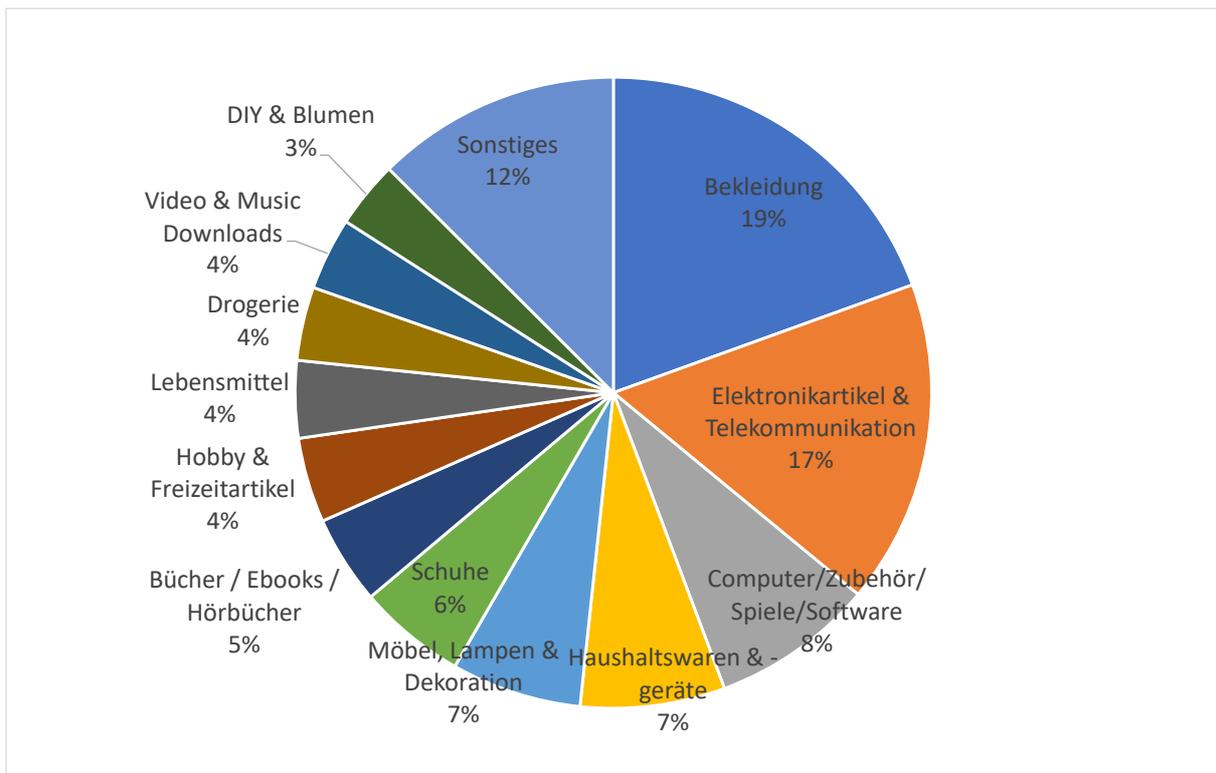


Quelle: BEVH (Blaue Balken: Gesamtumsatz im Onlinehandel in Mrd. Euro pro Jahr; Gelber Balken: Prozentualer Anteil des Onlinehandels am gesamtdeutschen Einzelhandel im jeweiligen Jahr)

Im Jahr 2022 ist ein Rückgang des Handelsvolumens zu beobachten, welches jedoch im Rahmen der vorliegenden Studie und der ausgewerteten Daten, die sich auf die Vorjahre beschränken, nicht berücksichtigt werden konnte.

Eine Betrachtung der Aufteilung des Onlinehandels nach Waresegmenten lässt erkennen, dass insbesondere "Bekleidung" (19 %), "Elektronikartikel & Telekommunikation" (17 %), "Computer/Zubehör/Spiele/Software" (8 %) sowie "Haushaltswaren & -geräte" (7 %) und "Möbel, Lampen & Dekoration" (7 %) die wichtigsten Waresegmente im Onlinehandel für das Jahr 2021 darstellen (siehe Abbildung 2).

**Abbildung 2: Anteil der Waresegmente am gesamten Onlinevolumen**



Quelle: BEVH

Während der durchschnittliche Onlineanteil am gesamtdeutschen Einzelhandel im Jahr 2021 bei den bereits genannten 14,3 % liegt, sieht dies in ausgewählten Waresegmenten deutlich anders aus. In Waresegmenten, wie z. B. "Fashion & Accessoires" und "Consumer Electronics"/"Elektro" bewegt sich der Onlineanteil mittlerweile sogar in Richtung der 50 %-Marke (IFH Köln 2022). Dies verdeutlicht die bereits anfangs erwähnte gestiegene Bedeutung des Onlinehandels, als immer öfter gewählte Alternative zum traditionellen stationären Einzelhandel, und die damit notwendig werdende stärkere Beschäftigung, insbesondere aus Sicht einer ökologischen Nachhaltigkeitsbewertung.

### Ökologische Nachhaltigkeit im Onlinehandel

Grundsätzlich fallen die meisten ökologischen Auswirkungen eines Produktes (wie z. B. Ressourcenverbräuche, Emissionen, usw.) nicht während des in dieser Studie betrachteten Handelsvorganges, sondern bereits während der Herstellung bzw. dem Produktionsprozess und bei einer eventuellen späteren Entsorgung am Ende des Lebenszykluses an (vgl. Zimmermann et al. 2020; Collini et al 2022). Der vergleichsweise kurze Abschnitt des Handels (unabhängig ob Onlinehandel oder stationärer Einzelhandel) ist somit in den meisten Fällen nur für einen verhältnismäßig kleinen Anteil der gesamten THG-Emissionen verantwortlich.

Nichtsdestotrotz sollte auch der Handel seinen Anteil an einer angestrebten Emissionsreduktion leisten, z.B. indem die im späteren Verlauf der vorliegenden Studie aufgezeigten Ansatzpunkte für einen ökologisch nachhaltigeren Onlinehandel einer Umsetzung zugeführt werden.

Gemäß dem HDE Online Monitor (IFH Köln 2022) steigt das Thema der ökologischen Nachhaltigkeit in der Bedeutung bei vielen Konsument:innen und zeigt sich u. a. in der Zunahme von Secondhand-Käufen (43 %) oder stärkerem Konsumverzicht (45 %). Auch viele Onlineshops nutzen bereits Nachhaltigkeitsfilter. Unter den größten 100 Fashion-Shops werden derartige Filter von 42 % der Anbieter eingesetzt (IFH Köln 2022).

Auch mehrere (teilweise wissenschaftliche) Studien haben sich in der Vergangenheit bereits mit dem Thema Nachhaltigkeit des Onlinehandels auseinandergesetzt. Zu den aktuell wichtigsten Veröffentlichungen, die den Anspruch verfolgen den Onlinehandel in seiner Gänze zu betrachten, zählen unter anderem:

- Zimmermann et al. (2020)
- Zimmermann et al. (2021)
- Oliver Wyman (2021)
- Collini et al. (2022)
- Seven Senders (2022)

Die hier aufgeführten fachübergreifenden Veröffentlichungen wurden bei den folgenden Aufbereitungen des aktuellen Forschungsstandes - jeweils zugeordnet zu den passenden Aspekten - Kapitel 1 (Lieferverkehre), Kapitel 2 (Verpackungen), Kapitel 3 (Digitale Infrastruktur), Kapitel 4 (Logistikzentren), Kapitel 5 (Neue Geschäftsmodelle), Kapitel 6 (Nachhaltiger Konsum) soweit relevant berücksichtigt.

Neben diesen thematisch vergleichsweise breiten Studien wurden in den folgenden Kapiteln zusätzlich weitere jeweils themenspezifische Quellen herangezogen und diese daraufhin mit den eigenen Forschungsergebnissen gespiegelt und plausibilisiert.

# 1 Lieferverkehre

---

## 1.1 Ziele und Vorgehensweise

Im folgenden Abschnitt werden die durch den Onlinehandel verursachten Lieferverkehre untersucht. Zielstellung ist dabei eine Berechnung der resultierenden THG-Emissionen und das Aufzeigen von Optionen zur Verbesserung der THG-Bilanz. Betrachtet werden dabei alle Transportaktivitäten für Business-to-Consumer (B2C)-Transaktionen ab dem Warenverteilzentrum des Handels bzw. dem Warenlager bis zum Zielpaketzentrum sowie die letzte Meile zum Kunden. Für Retouren wird aufgrund der Datenlage derselbe Weg in umgekehrter Richtung bis zum Warenverteilzentrum oder zu einem Retourenzentrum veranschlagt. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sind:

- 1) eine Hochrechnung der Fahrleistung und Emissionen für die Transporte des deutschen Onlinehandels und darauf aufbauend eine Deduktion der THG-Emissionen je Paket sowie
- 2) eine Priorisierung möglicher Hebel zur Reduktion der THG-Emissionen anhand des Wirkungspotenzials der Einzelmaßnahmen sowie von ausgewählten Maßnahmenkombinationen.

Aufgrund fehlender Daten, die eine Abgrenzung zu anderen Vertriebswegen als dem Onlinehandel ermöglichen würden, wird der Versand großer und schwerer Produkte (z.B. Küchengeräte) durch Speditionen ausgenommen und im Folgenden auf die Auslieferung über KEP-Dienstleister (Kurier, Express, Paket) fokussiert.

## 1.2 Validierung des Wissensstandes und Generierung neuer Erkenntnisse

### 1.2.1 Aufbereitung des Wissensstandes

Im Allgemeinen wird die Lieferkette von Paketen in drei Abschnitte unterteilt:

- Vorlauf: vom Lager des Versenders zum lokalen Verteilzentrum des KEP-Dienstleisters
- Hauptlauf: vom Verteilzentrum am Versandort zum Verteilzentrum in der Region der Zieladresse
- Nachlauf: Vom Verteilzentrum zur Zieladresse

In der Literatur zu THG-Emissionen der durch den Onlinehandel induzierten Lieferverkehre wird meist ein top-down-Ansatz gewählt. Das heißt, Emissionen für repräsentative Verkaufs- und Lieferprozesse werden für den Einzelfall bestimmt und auf den gesamten Sektor hochgerechnet.

Zimmermann et al. (2021) ermitteln beispielsweise eine Spanne von 344 bis 1127 gCO<sub>2</sub>e/Paket. Diese Spanne erklärt sich zum Teil aus verschiedenen Annahmen bezüglich der Länge der Fahrtstrecke in Vor- und Hauptlauf, aber hauptsächlich aus verschiedenen Szenarien bzgl. der Fahrtstrecke, Sendungsgewicht und Fahrzeugauslastung im Nachlauf. Hier werden Werte von 8 bis 612 gCO<sub>2</sub>e /Paket angegeben. Bei diesen Emissionen sind Vorketten-Emissionen schon enthalten.

Die DHL Group beziffert die THG-Emissionen eines durchschnittlichen nationalen Paketes von der Abholung bis zur Zustellung auf ca. 500 gCO<sub>2</sub>e ohne Vorketten-Emissionen (Deutsche Post DHL Group Global Media Relations (Klasen, Dirk) 2022). DPD beziffert die Emissionen auf 786 gCO<sub>2</sub>e/Paket in 2020, was einer Verbesserung von 5,7 % gegenüber 2019 entspricht (DPD 2022).

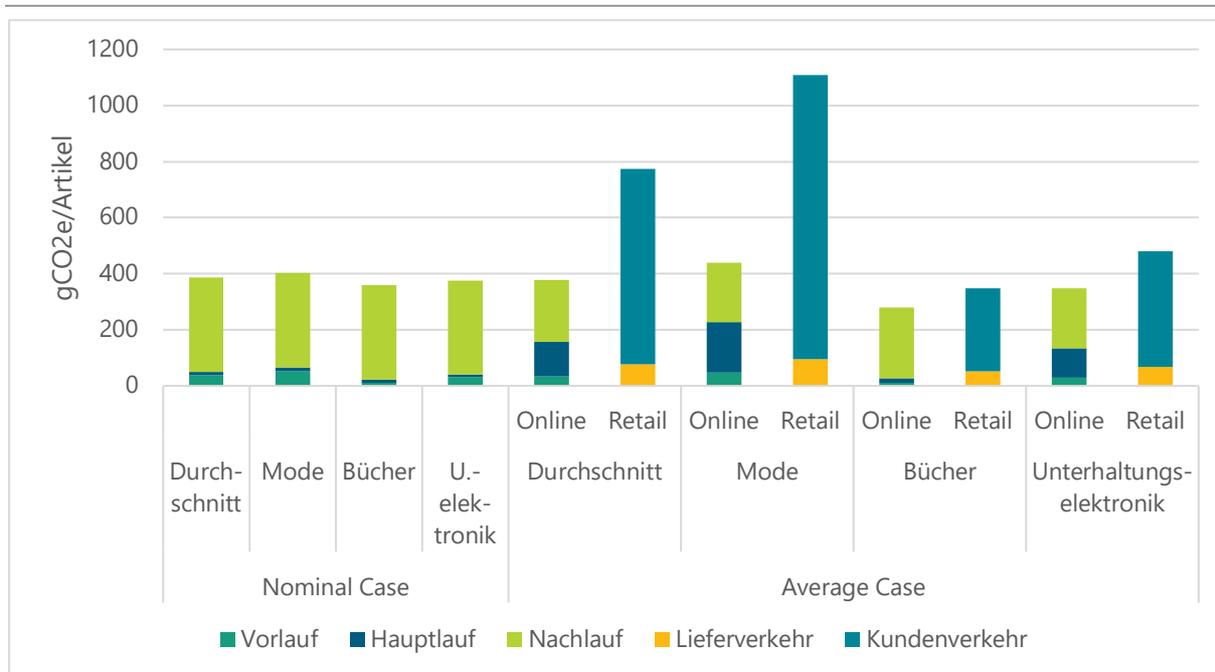
Das DCTI (2015) hat den Transport von Verkäufen des Versandhändlers Otto über den KEP-Dienstleister Hermes analysiert und kommt auf THG-Emissionen von 710 bis 730 gCO<sub>2</sub>/Paket. Die Spanne

erklärt sich dadurch, dass hier ein Anteil von 10 % der Pakete angenommen wird, der nicht an der Haustür entgegengenommen, sondern in einem Paketshop abgeholt wird. Die Kundschaft wird dabei in fünf Typen eingeteilt, die unterschiedliche Transportmittel für die Abholung verwenden.

Die Studie von Oliver Wyman (2021) vergleicht die THG-Emissionen je Produkt der Kategorien Kleidung, Bücher und Unterhaltungselektronik im Ladengeschäft (Retail) und Online. Dabei wird zwischen zwei Fällen unterschieden. Im vereinfachten Nominal Case wird angenommen, dass je Kaufvorgang nur ein Artikel gekauft wird. Dieser Fall ist daher am ehesten mit dem paketbasierten Ansatz dieser Studie vergleichbar. Im Average Case dagegen werden Retouren, umfragebasierte Werte für die Anzahl der Artikel je Einkauf und weitere Aspekte aufgenommen.

Aufgrund der höheren Repräsentativität ist hier der Vergleich zwischen Online- und stationärem Einzelhandel (Retail) aussagekräftiger als beim Nominal Case. Allerdings wird im Onlinehandel nicht immer von einem gemeinsamen Versand aller bestellter Artikel in einem Paket ausgegangen. Die jeweiligen Werte für Deutschland sind in Abbildung 3 dargestellt.

**Abbildung 3: THG-Emissionen je Artikel nach Oliver Wyman (2021)**



Quelle: Oliver Wyman (2021)

In einer Meta-Studie zu Vergleichen zwischen Onlinehandel und stationärem Einzelhandel (Retail) stellen Pålsson et al. (2017) dar, dass durch den reduzierten Kundenverkehr Online-Einkäufe durchschnittlich 52 % weniger Energie verbrauchen als stationäre Einkäufe. Dem steht ein durchschnittlicher Mehrverbrauch durch höheren Logistikaufwand von 10 % entgegen.

Asdecker et al. (2022) untersuchen THG-Emissionen durch Retouren und ermitteln einen Durchschnittswert von 1500 gCO<sub>2</sub>e je Retourenpaket. Darin sind jedoch auch Emissionen durch Behandlung, Entsorgung etc. enthalten.

## 1.2.2 Top-down-Berechnung der durchschnittlichen Fahrleistung je Paket

Unsere Berechnung der THG-Emissionen für den Onlinehandel erfolgt im Rahmen eines Excel-Modells, das die flexible Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren und die Quantifizierung von Einsparpotenzialen erlaubt. Das Basisjahr für alle Berechnungen ist das Jahr 2020.

Die Jahresfahrleistung des KEP-Sektors im Jahr 2016 betrug 5,30 Mrd. Fahrzeugkilometer (BIEK 2018b) bei einem jährlichen Transportvolumen von 3,16 Mrd. Sendungen. Rechnet man diese Fahrleistung anhand eines Transportvolumens von 4,05 Mrd. Pakete (BIEK 2021b) und einem Produktivitätswachstum von 2,4 % (KE-CONSULT 2021) auf das Jahr 2020 hoch, so ergibt sich eine jährliche Fahrleistung von 6.2 Mrd. Fahrzeugkilometern.

Für Transportvolumen und Fahrleistung sind allerdings ausschließlich innerdeutsche Paketsendungen im B2C-Segment für diese Studie relevant.

Wie in KE-CONSULT (2021) dargestellt, sind 85,2 % der KEP-Sendungen Pakete, 91 % davon innerdeutsch. Davon entfallen wiederum 68 % auf den B2C-Sektor, was einem Transportvolumen für den Onlinehandel von 2,14 Mrd. Paketen entspricht. Diese Werte stimmen in etwa mit den durch die Bundesnetzagentur (2022) veröffentlichten Paketzahlen überein.

Für die Berechnung der Fahrleistung im Onlinehandel sind weniger Daten verfügbar, so dass hier teilweise auf Proxy-Variablen zurückgegriffen werden muss. Hierbei fließen auch iterativ Ergebnisse anderer Module des Modells ein. Für die Berechnung der Fahrleistung ausschließlich für Pakete wird der jeweilige Umsatzanteil der Paketsparte am KEP-Markt herangezogen. Er betrug 58 % im Jahr 2020.

Aufgrund kleinerer Fahrzeuge und weniger Stopps ist der Fahrzeugkilometer in der Kurier- und Express-Sparte niedriger als in der Paketsparte. Aufgrund aktueller Preislisten (3D Kurierdienst 2023) wurde das Kilometerkostenverhältnis von Kurier und Express zur Paketsparte auf 1/0.88 geschätzt. Damit ergibt sich ein Anteil der Paketsparte an der Gesamtfahrleistung des KEP-Markts von 62,3 %.

Die innerdeutsche Fahrleistung wird anhand des Anteils innerdeutscher Pakete bestimmt. Allerdings entfällt bei den Exporten, die 70 % der grenzüberschreitenden Pakete ausmachen (Bundesnetzagentur 2022), der Nachlauf, bei den 30 % Importen der Vorlauf. Daher werden grenzüberschreitende Pakete nur mit einem Faktor von 0,38 berücksichtigt, was bedeutet, dass 97 % der Fahrleistung auf den nationalen Pakettransport entfällt. Der B2C-Anteil der nationalen Fahrleistung wird anhand des Paketanteils bestimmt.

Wird die so ermittelte Fahrleistung für den Onlinehandel auf die Anzahl der Pakete bezogen, so ergibt sich eine spezifische Fahrleistung von circa 1,2 Fahrzeugkilometer je Paket. Die entsprechenden Rechenschritte sind im Anhang A.1.5 näher beschrieben.

### 1.2.3 Logistik-Kettenabschnitte und Emissionsfaktoren

Für die Unterteilung der ermittelten Fahrtstrecke wird die Unterteilung des Logistikprozesses von Hermes (DCTI 2015) zugrunde gelegt (siehe Abbildung 4):

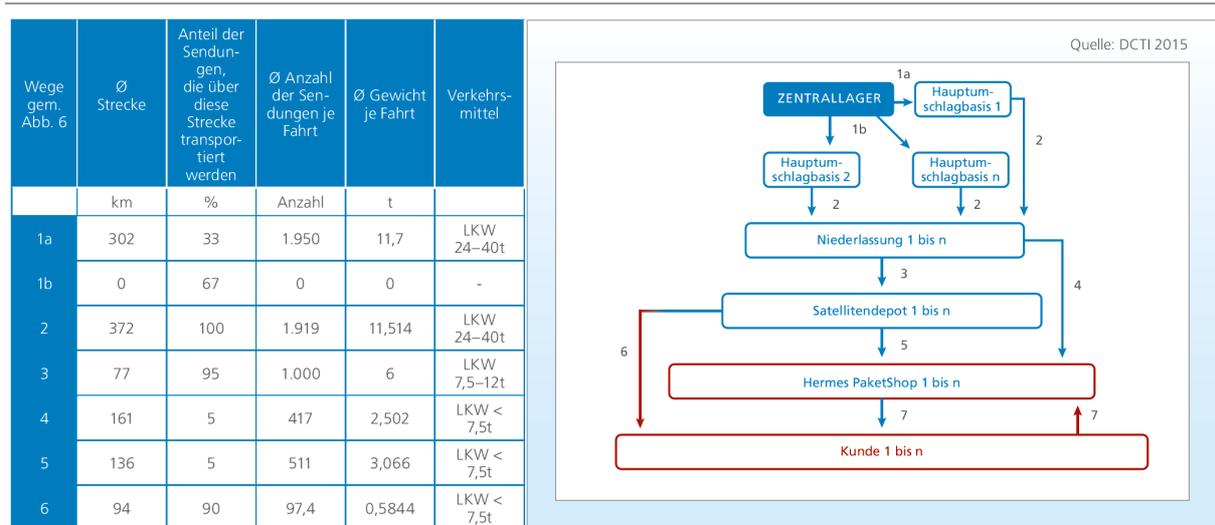
- 1) Zentrallager → Hauptumschlagbasis
- 2) Hauptumschlagbasis → Niederlassung
- 3) Niederlassung → Satellitendepot
- 4) Niederlassung → Paketshop
- 5) Satellitendepot → Paketshop
- 6) Satellitendepot → Kund:innen (letzte Meile)
- 7) Kund:innen → Paketshop (Kundenverkehr)

Die auf den jeweiligen Logistikketten-Abschnitten eingesetzten Fahrzeugklassen werden ebenfalls aus DCTI (2015) übernommen (siehe Abbildung 4).

Die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte im KEP-Markt ist deutlich höher als in der durchschnittlichen Lkw-Flotte in Deutschland (BIEK 2018a). Die Werte für den Anteil elektrischer Fahrzeuge in der KEP-

Flotte aus BIEK (2018a) aus dem Jahr 2017 wurde anhand des Gesamt-Hochlaufs von batterieelektrischen Antrieben bei Lkw in Deutschland (KBA 2017, 2020) auf knapp 10 % für das Jahr 2020 hochgerechnet und mit dem BIEK abgestimmt (Brauer 16.08.2022). Da davon auszugehen ist, dass sich die Elektrifizierung im Jahr 2020 auf Pkw und Lkw bis 7,5t beschränkt, wurde die Anteil basierend auf der im Interview mit dem BIEK (Brauer 16.08.2022) abgegebene Schätzung zur Flottenzusammensetzung auf 13,1 % für diese Fahrzeugkategorien angepasst.

**Abbildung 4: Logistikprozess im Onlinehandel am Beispiel von Hermes bei Produkten des Paketversands**



Quelle: DCTI (2015)

Der Energiebedarf für Diesel- und batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) für drei verschiedene Entfernungskategorien sowie die direkten Emissionen aus der Verbrennung des Diesels wurden aus den Parametern für 2020 des AsTra-Modells (TRT, M-Five, Fraunhofer ISI 2020) übernommen. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des deutschen Strommixes für BEV sind aus Umweltbundesamt (2022a) entnommen. Um eine einheitliche Bilanzierung für die beiden Antriebsarten zu gewährleisten, müssen auch für den Dieselmotorkraftstoff die Tank-to-Wheel-(TTW)-Emissionen um die Well-to-Tank-(WTT)-Emissionen ergänzt werden. Dies geschieht über einen Faktor aus Doll et al. (2020), der einen europäischen Durchschnittswert darstellt. Die resultierenden Emissionsfaktoren für die einzelnen Fahrzeugklassen und Entfernungskategorien sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

**Tabelle 3: Emissionsfaktoren**

Fzg.-Klasse	Elektrifizierte Fahrzeuge	Emissionen [gCO <sub>2</sub> e/km] je Entfernungskategorie		
		Nah	Mittel	Fern
<7,5 t	13,1%	582	506	456
7,5-12 t	0,0%	838	729	656
24-40 t	0,0%	1476	1170	1093

Quelle: Fraunhofer ISI

Die auf den jeweiligen Teilstrecken eingesetzten Lkw-Klassen werden aus DCTI (2015) übernommen. Jedem Abschnitt wurde eine Entfernungskategorie zugeordnet. Für die Abschnitte 4 bis 6 wurde der Durchschnitt der Kategorien "Mittel" und "Nah" gewählt. Auf Basis der Angaben zu Strecke sowie zu Anzahl und Anteil der Sendungen auf den jeweiligen Logistikkettenabschnitten wird

ein Gewichtungsfaktor ermittelt. Dieser wird mit der im vorherigen Abschnitt ermittelten spezifischen Fahrleistung je Paket multipliziert, um zu berechnen wie lang die Teilstrecke ist, die jedes Paket rechnerisch auf jedem Abschnitt zubringt. Abschnitt 6, die letzte Meile, fällt dabei trotz der relativ geringen Durchschnittsstrecke besonders ins Gewicht, da hier nur wenige Pakete pro Fahrt transportiert werden. Diese Teilstreckenlängen werden mit den jeweiligen Emissionsfaktoren multipliziert und aufsummiert. **Dies ergibt durchschnittliche THG-Emissionen von 790 gCO<sub>2</sub>e/Paket**, was vergleichbar ist mit der Emissionsmenge einer 1 Kilogramm-Packung Nudeln bzw. dem fünffachen Ausstoß eines mit einem PKW zurückgelegten Personenkilometers.

**Tabelle 4: Emissionsberechnung**

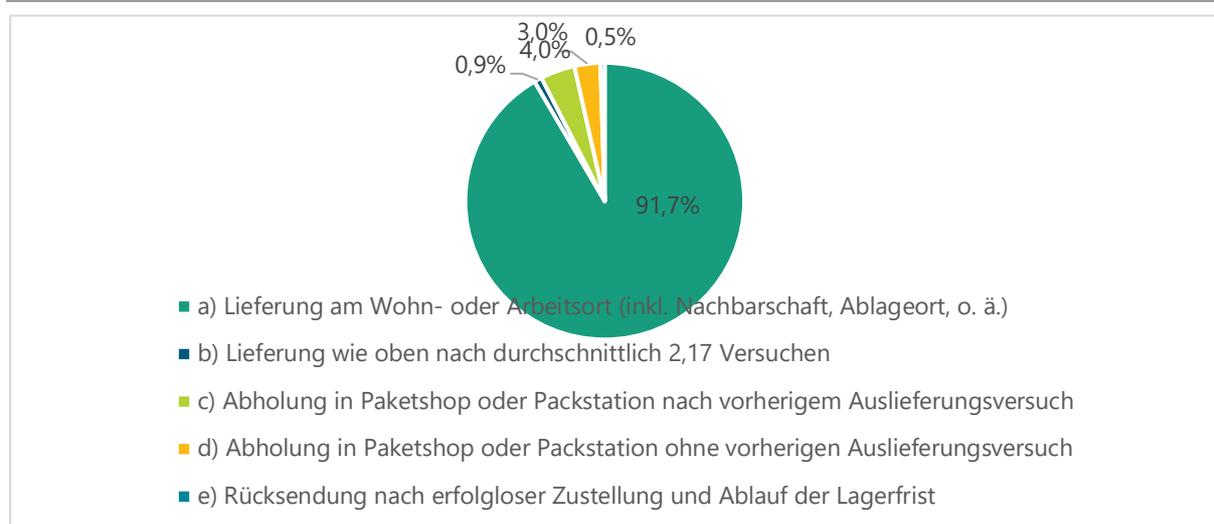
Abschnitt	Gewichtung	Lkw-Klasse	Entfernungskategorie	gCO <sub>2</sub> e/Fzg.-km	Fzg-km/Paket	gCO <sub>2</sub> e/Paket
1	4%	24-40 t	Fern	1093	0.050	55
2	16%	24-40 t	Fern	1093	0.191	209
3	6%	7,5-12 t	Mittel	729	0.072	53
4	2%	<7,5 t	Mittel/Nah	544	0.019	10
5	1%	<7,5 t	Mittel/Nah	544	0.013	7
6	71%	<7,5 t	Mittel/Nah	544	0.837	455
<b>Summe</b>	<b>100%</b>				<b>1.183</b>	<b>790</b>

Quelle: Fraunhofer ISI

### 1.2.4 Zustellquote und Kundenverkehr

In Anlehnung an die von DCTI (2015), BIEK (2017), Spectos (2022) und Bundesnetzagentur (2022) kommunizierten Daten sowie der Ergebnisse der durch Beyondata für den BEVH durchgeführten Umfrage wurden eine Verteilung von fünf Zustellvarianten a - e definiert und eine Verteilung festgelegt (siehe Abbildung 5).

**Abbildung 5: Zustellvarianten im Onlinehandel**



Quelle: Fraunhofer ISI

Während knapp 93 % aller Pakete abgeliefert werden, müssen circa 7 % der Pakete abgeholt werden. Laut Umfrage haben 3 % der Befragten (44 % der Abholenden) für die Abholung ihres Pakets einen Weg oder Umweg auf sich genommen. Dieser betrug im Durchschnitt 1,52 km. Die entfernungs-spezifische Verteilung der verwendeten Verkehrsmittel wurde aus den Rohdaten der Mobilität in Deutschland (Nobis und Kuhnimhof 2018) entnommen. Emissionsfaktoren der Verkehrsmittel stammen aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) (Notter et al. 2019) und Doll et al. (2020).

Die Emissionen für die Abholung betragen 87 gCO<sub>2</sub>e/km oder unter Berücksichtigung der Abholungen ohne Umweg und der Lieferquote von ca. 1,3 Paketen je Empfänger **45 gCO<sub>2</sub>e je abgeholtes Paket** (Brauer 16.08.2022). Dieser niedrige Wert ist vor allem durch den hohen Anteil an Fuß- und Radverkehr auf kurzen Distanzen zu erklären. Im Gegensatz dazu nehmen Kunden, die eine Retoure abgeben, laut Umfrage zu 33 % einen Umweg auf sich. Hier wird angenommen, dass jeweils nur ein Retourenpaket je Weg weggebracht wird.

## 1.2.5 Retouren und Warengruppen

Bei Retouren handelt es sich vor allem um Sendungen, die, aufgrund des gesetzlichen Widerrufsrechts von Kund:innen, an die ursprünglichen Versender zurückgeschickt werden. Von allen Paketen im Onlinehandel werden durchschnittlich 24,2 % wieder zurückgeschickt (Asdecker et al. 2022). Das bedeutet, dass sich die 2.135 Mio. Pakete, die hier insgesamt betrachtet werden, in:

- **1.719 Mio. Pakete, die vom Versender an die Kund:innen** ausgeliefert und hier jeweils einem Einkaufsvorgang zugeordnet werden. Einkäufe, die auf mehrere Pakete aufgeteilt werden, werden hier aufgrund fehlender Daten nicht betrachtet.
- **416 Mio. Retouren**, die weiter unten anteilig zur Retourenquote in der jeweiligen Warengruppe den Einkaufsvorgängen als zusätzlich generierte Transportleistung zugerechnet werden. Diese Summe stellt 24 % der Sendungen dar, die an Kund:innen versendet werden, und 20 % Gesamtpaketmenge

Bei der Berechnung von Fahrleistung und Emissionen für Retouren gehen Zimmermann et al. (2021) und DCTI (2015) davon aus, dass ein Retouren-Paket auf dem Weg zurück zum Versender, dieselben Emissionen verursacht wie auf dem Hinweg. Eine weitere mögliche Argumentation wäre die, dass Retouren-Pakete, in Vor- und Nachlauf in Fahrzeugen transportiert werden, die ansonsten leer zurückfahren würden. Dies würde jedoch zu einem Unterschätzen der Emissionen durch Retouren führen, weshalb hier dem Ansatz von Zimmermann et al. (2021) und DCTI (2015) gefolgt wird.

Allerdings wird insofern zwischen Lieferung und Retoure differenziert, als der Anteil der Retouren berücksichtigt wird, der durch die Kund:innen selber weggebracht wird. Während bei der ursprünglichen Lieferung 98 % der Sendung durch KEP-Dienstleister ausgeliefert werden (vergebliche Versuche miteingerechnet), werden nur 19 % der Retouren durch diese abgeholt. Daher werden die zuvor berechneten durchschnittlichen Fahrzeugkilometer unter Beibehaltung der Gesamtemissionen proportional hierzu auf Lieferung und Retoure verteilt. Analog wird mit den Fahrten zwischen Sattelitendepot und Paketshop verfahren (siehe Tabelle 5). Die Nummerierung der Logistikabschnitte entspricht dabei der in Abbildung 4 verwendeten.

Anhand der Retourenquoten aus Asdecker et al. (2022) werden in einem nächsten Schritt für 5 verschiedene Warengruppen die THG-Emissionen für einen Einkauf bestimmt. Diese Emissionen setzen sich jeweils zusammen aus den Emissionen für ein ausgeliefertes Paket und anteilig zur Retourenquote den Emissionen für eine Retoure. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt.

**Tabelle 5: Emissionen differenziert nach Auslieferung und Retoure**

Abschnitt	Auslieferung		Retoure		Gesamt		
	Emissionen gCO <sub>2</sub> /km	Fzg-km	gCO <sub>2</sub> /P.	Fzg-km	gCO <sub>2</sub> /P.	Fzg-km	gCO <sub>2</sub> /P.
1	1093	0,051	55	0,050	55	0,050	55
2	1093	0,192	209	0,191	208	0,191	209
3	729	0,072	53	0,072	52	0,072	53
4	544	0,007	4	0,071	38	0,019	10
5	544	0,005	2	0,049	26	0,013	7
6	544	0,991	540	0,197	107	0,837	455
<b>Summe</b>		<b>1,317</b>	<b>863</b>	<b>0,629</b>	<b>488</b>	<b>1,183</b>	<b>790</b>

Quelle: Fraunhofer ISI

Kunden, die eine Retoure abholen, nehmen zu 33 % einen Umweg auf sich. Hier wird angenommen, dass jeweils nur ein Retourenpaket je Weg weggebracht wird. Mit der durchschnittlichen Wegelänge und dem Emissionsfaktor aus Abschnitt 1.2.3 ergeben sich **44 gCO<sub>2</sub>e je weggebrachtem Retourenpaket**.

**Tabelle 6: Emissionen je Einkauf inkl. Retouren**

Waren- gruppe	Retouren- quote	Einkäufe		Retouren		Pakete		Emissionen gCO <sub>2</sub> /Einkauf
		Anteil	Mio.	Anteil	Mio.	Anteil	Mio.	
Fashion	64%	31%	540	83%	347	42%	887	1177
Unterh.	5%	25%	433	6%	23	21%	456	890
Freizeit	11%	12%	206	5%	22	11%	228	915
Einricht.	5%	12%	201	2%	10	10%	211	887
Sonstiges	4%	20%	338	3%	14	17%	352	883
<b>Summe</b>	<b>Ø = 24%</b>	<b>100%</b>	<b>1719</b>	<b>100%</b>	<b>416</b>	<b>100%</b>	<b>2135</b>	<b>Ø = 981</b>

Quelle: Fraunhofer ISI

## 1.2.6 Zusammenfassung und Einordnung

In Tabelle 7 sind die THG-Emissionen für die vorgestellten Zustellvarianten (siehe Abbildung 5) und die verschiedenen Abschnitte der Lieferkette dargestellt. Tabelle 8 zeigt das gleiche für die beiden Retouren-Optionen privates Wegbringen und Abholen durch den KEP-Dienst. Die Nummerierung der Logistikabschnitte entspricht wiederum der in Abbildung 4.

**Tabelle 7: THG-Emissionen je Lieferung nach Zustellvariante [gCO<sub>2</sub>/Paket]**

<b>Variante Lieferung</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>Ø</b>
<b>Anteil</b>	91.7%	0.9%	4.0%	3.0%	0.5%	100.0%
<b>N Haupt- &amp; Vorlauf (1-3)</b>	316	316	316	316	632	317
<b>N Fahrt zu Paketshop (4+5)</b>	0	0	81	81	81	6
<b>Last Mile (6)</b>	551	1196	551	0	540	540
<b>Privat (7)</b>	0	0	45	45	0	3
<b>Summe</b>	<b>866</b>	<b>1511</b>	<b>992</b>	<b>442</b>	<b>1252</b>	<b>866</b>

Quelle: Fraunhofer ISI

**Tabelle 8: THG-Emissionen je Retoure nach Zustellvariante [gCO<sub>2</sub>/Paket]**

<b>Variante Abgabe</b>	<b>Weggebracht</b>	<b>Abgeholt</b>	<b>Ø</b>
<b>Anteil</b>	80.5 %	19.5 %	100 %
<b>Haupt- &amp; Nachlauf (1-3)</b>	316	316	316
<b>Fahrt vom Paketshop (4+5)</b>	81	0	65
<b>First Mile (6)</b>	0	551	107
<b>Privat (7)</b>	44	0	36
<b>Summe</b>	<b>441</b>	<b>866</b>	<b>524</b>

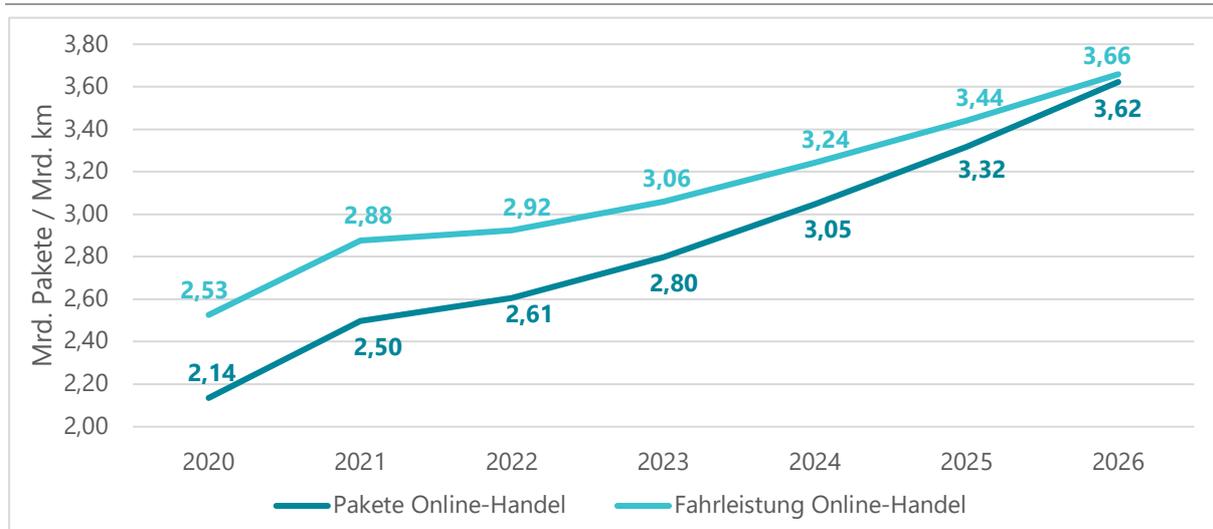
Quelle: Fraunhofer ISI

### 1.3 Ansatzpunkte für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit

Ziel dieses Arbeitsschrittes ist es, Verbesserungspotenziale auf Basis des Status Quo in einem einfachen Modell zu quantifizieren. Zunächst werden die Einzelmaßnahmen beschrieben, erforderliche Rahmenbedingungen für die Umsetzung benannt und deren Potenziale quantifiziert. Bei der Kombination der Maßnahmen entstehen Wechselwirkungen. Deshalb werden aufbauend auf der Analyse der Einzelmaßnahmen auch Maßnahmenpakete in Szenarien gerechnet, um die Potenziale der Instrumente unter verschiedenen Rahmenbedingungen bewerten zu können. Dafür werden Prognosen zur Entwicklung des Onlinehandels zugrunde gelegt. Um die abgebildeten Instrumente zu priorisieren, werden zusätzlich zu ihren Potenzialen zur Verbesserung der CO<sub>2</sub>-Bilanz auch die Umsetzungskosten abgeschätzt. Die Priorisierung erfolgt anhand der Kosteneffizienz der jeweiligen Instrumente.

In KE-CONSULT (2022) findet sich eine Prognose für die KEP-Branche, die 5,67 Mrd. Sendungen für das Jahr 2026 vorhersagt. Die zuvor aus der Gesamtanzahl der KEP-Sendungen abgeleitete Anzahl von Paketen aus dem Onlinehandel wurde entsprechend auf das Jahr 2026 hochskaliert in dem eine logarithmische Entwicklung der steigenden Anteile von Paket und B2C aus den Daten von 2011 sowie 2019 bis 2021 (KE-CONSULT 2020, 2021, 2022) abgeleitet wurde. Die Fahrleistung wurde analog zum Paketaufkommen prognostiziert, wobei eine jährliche Effizienzsteigerung von 2,6 % (KE-CONSULT 2022) zugrunde gelegt wurde (siehe Abbildung 6).

**Abbildung 6:   Entwicklungsprognose für Paketaufkommen und Fahrleistung im Onlinehandel**



Quelle: Fraunhofer ISI

Im Folgenden werden die fünf wichtigsten Ansatzpunkte für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit betreffend des Lieferverkehrs - geordnet nach der antizipierten Stärke der von der Maßnahme ausgehenden Wirkung - einzeln vorgestellt und erläutert.

### 1.3.1   Elektrifizierung der letzten Meile

**Würden alle auf der letzten Meile eingesetzten Fahrzeuge durch BEV gleicher Größe ersetzt, würden circa 25 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart.** Das entspricht einer absoluten Einsparung von 418 ktCO<sub>2</sub>e. Fahrzeuge der entsprechenden Größe sind bereits vorhanden (Schäfer et al. 2021) und durch niedrigere Betriebskosten auch trotz höherer Anschaffungskosten wettbewerbsfähig (Krail et al. 2021). Die Reichweite von ca. 200 km reicht für typische Touren im Rahmen der letzten Meile aus (BIEK 2017; Brauer 16.08.2022). Aber auch die Nutzung kleinerer Fahrzeuge ist möglich, und wird effizienter wenn Verpackungen weniger Leerraum enthalten und mehr Pakete transportiert werden können (siehe Abschnitt 1.3.4). Die Nutzung von größeren batterieelektrischen Fahrzeugen auf Vor- und Hauptlauf ist auf kürzeren Strecken möglich, aber noch mit höheren Kosten als mit konventionellen Diesel-Lkw verbunden (Krail et al. 2021; Link et al. 2021). Für stark frequentierte Strecken zwischen Depots und Umschlagplätzen können auch Oberleitungen interessant sein, um den Bedarf an Batteriekapazität und Ladezeiten zu reduzieren (Jöhrens et al. 2022).

Innerhalb des Handlungsfeldes Elektrifizierung sind zwei Sonderfälle möglich

- **Micro-Hubs** sind kleine Umschlagplätze im öffentlichen Raum, von wo Pakete mit Elektrokleinstfahrzeugen ausgeliefert werden. Trotz einiger Pilot-Studien ist der Effekt auf THG-Emissionen nicht gründlich erforscht. Ihr Beitrag zur Qualität der Stadtluft und zur Vermeidung von Staus ist jedoch unumstritten (Zimmermann et al. 2021).
- **Güterstraßenbahnen** für KEP-Dienste werden in einigen Städten getestet. Die Pakete sollen per Straßenbahn in die Stadt gebracht und von der Umschlag-Haltestelle aus ebenfalls mit Elektrokleinstfahrzeugen ausgeliefert werden. Hier wird ein Einsparpotenzial erwartet. Es gibt jedoch noch Forschungsbedarf (BIEK 2022; AVG 2020; Manner-Romberg et al. 2018).

### 1.3.2 Zustellung an Paketshop oder Packstation

Ein Paket, das direkt in einen Paketshop oder eine Packstation geliefert und dort abgeholt wird, verursacht nur 51 % der THG-Emissionen eines Paketes, das an der Haustür abgegeben wird und sogar nur 45 % der Emissionen eines Paketes, das nach gescheitertem Zustellversuch im Paketshop oder in der Packstation abgeholt wird. Besonders ineffizient ist das Unternehmen eines erneuten Lieferversuchs. Viele KEP-Dienste bieten die direkte Lieferung an Paketshop oder Packstation als Option an, teilweise gibt es dafür sogar Rabatt.

Wären alle Sendungen, die 2020 in Paketshops oder Packstationen abgeholt wurden, ohne Zustellversuch direkt dorthin geliefert worden, hätte das 38 ktCO<sub>2e</sub> eingespart. Im Jahr 2026 läge dieses Potenzial bei einer unveränderten Verteilung bei 55 ktCO<sub>2e</sub>. Wären zusätzlich 10 % der direkt bei den Adressaten ausgelieferten Pakete in Paketshops oder Packstationen geliefert worden, wären weitere 67 ktCO<sub>2e</sub> eingespart worden (97 ktCO<sub>2e</sub> im Jahr 2026). Gerade zum Ende der Covid-19-Pandemie, wo viele Menschen wieder häufiger die eigenen vier Wände verlassen, ist eine solche Umstellung durchaus realistisch.

Diese auf Durchschnittswerten basierenden Berechnungen können jedoch nur begrenzt aussagen, inwiefern diese Potenziale in einzelnen Grenzfällen wirklich umgesetzt werden können. Heshmati et al. (2019) fanden in Ihrer Verkehrssimulation erst ab einer Umstellung von 20 % der Paketen auf die Lieferung in einen Paketshop eine Emissionsreduzierung.

Der gegenwärtige Markt ist dadurch gekennzeichnet, dass die meisten KEP-Anbieter eigene Paketstationen betreiben. Eine stärkere Errichtung anbieterneutraler Paketstationen könnte nicht nur Emissionen noch weiter reduzieren, sondern würde durch Synergieeffekte auch die Betriebskosten der einzelnen Anbieter reduzieren.

### 1.3.3 Senkung der Retourenquote

**Retouren sind unter Berücksichtigung des Kundenverkehrs für 13 % der THG-Emissionen aus dem Transport im Onlinehandel verantwortlich.** Das entspricht 218 ktCO<sub>2e</sub> im Jahr 2020. Im Jahr 2026 wären es bei der hier angenommenen Entwicklung (siehe Abbildung 6) schon 316 ktCO<sub>2e</sub>, so dass sich hier ein vergleichsweise großer Stellhebel findet.

Nach (Asdecker et al. 2022) hat Deutschland im Vergleich zur restlichen EU eine vergleichsweise hohe Retourenquote (paketbasierte Retourenquote von fast 25 %), insbesondere im Bereich Kleidung (fast zwei Drittel der Pakete werden retourniert). Dies liegt laut Asdecker et al. (2022) u. a. an folgenden Gründen: Die Zahlungsart auf Rechnung ist häufiger und die eingeräumten Rücksendefristen sind länger in Deutschland als im Rest der EU. Außerdem sind in Deutschland Retouren sehr häufig für den einzelnen Kunden nicht mit unmittelbaren Kosten verbunden, sondern werden von den Händlern über den Produktpreis auf alle Käufer:innen umgelegt. In anderen EU-Ländern gilt, zu einem deutlich höheren Anteil, das Verursacherprinzip. Es müssen also zumindest die Transportkosten der Retoure durch die Retournierenden selbst getragen werden (Asdecker et al. 2022).

Ob Kunden in Deutschland eine Kostenübernahme akzeptieren würden, ist schwer vorauszusagen. Deutsche Kunden nennen zwar im Europäischen Vergleich am häufigsten (46,2 %) Retouren als Mittel zur Reduzierung des ökologischen Fußabdrucks beim Online-Kauf, gleichzeitig ist für 62,2 % die kostenlose Retoure besonders wichtig bei der Auswahl des Versenders – ebenfalls ein Spitzenwert (Seven Senders GmbH 2022b). Allerdings sank in Deutschland die Bedeutung der Lieferkosten von 55 % 2021 auf 30,2 % der Nennungen im Jahr 2022 (Seven Senders GmbH 2022b), und es ist möglich, dass Retourenkosten ebenfalls an Bedeutung verlieren.

Umfrageergebnissen zufolge tätigt eine kleine Gruppe von Kund:innen Bestellungen schon mit Rücksendeabsicht (Greenpeace 2018) oder gar ganz ohne Kaufabsicht (IBI Research 2013). Dies

lässt die Vermutung zu, dass bei einer höherschweligen Retourenregelung diese Bestellungen von vorne herein gar nicht erst verschickt würden, was wiederum weiter emissionsreduzierend wirken würde.

Um die Retourenquote in Deutschland zu senken, werden u.a. in (Asdecker et al. 2022) Maßnahmen in den folgenden Bereichen beschrieben:

- a) Verbesserte Produktausweisung,
- b) Integration von Kundenrückmeldungen und Kundenbetreuung,
- c) Informationskampagnen zur Umweltwirkung,
- d) Anreizsysteme und Umgang mit Retouren,

*a) Verbesserte Produktausweisung:* Nach (Zimmermann et al. 2021) sollten zunächst die Produktbeschreibungen selbst verbessert werden um die Kund:innen bestmöglich über das Produkt zu informieren. Hierzu gehören Bilder, die z. B. im Fall von Mode, die Kleidung anhand von "Durchschnittsmodellen" zeigen, standardisierte Größen und detaillierte Produktbeschreibungen z. B. des Materials oder auch der Textur (ein Sinneseindruck, der rein durch ein Bild online nicht vermittelt werden kann). Verbesserte Produktbeschreibungen können durch innovative Anprobe- und Größentools ergänzt werden (Zimmermann et al. 2020; Castelblanco 2021; Nestler et al. 2021), Beispiele aus der Praxis sind:

- SizeBay, eine virtuelle Umkleidekabine basierend auf Angaben zu Alter, Größe und Gewicht,
- 3D-A-Porter, erstellt eine virtuelle 3D-Abbildung der Kund:innen und Produkte mithilfe von Kameras,
- Sizeflag, ein probabilistisches Modell basierend auf historischen Daten und Kund:innenfeedback. Nach dem Rollout von Sizeflag im Februar 2020 konnte Zalando einen signifikanten Rückgang der Retouren um 40 % nachweisen (Nestler et al. 2021).

*b) Integration von Kundenrückmeldungen und Kundenbetreuung:* Auch die Einbindung von Kundenrezensionen ermöglicht eine informiertere Kaufentscheidung der Konsument:innen: 23 % der Kund:innen beachten Kundenrezensionen vor ihrer Kaufentscheidung (Zimmermann et al. 2021; Gottschalk und Mafael 2017). Außerdem weisen Produkte mit Kundenbewertungen eine um 20 % gesenkte Retourenquote auf (Heinemann 2017). Auch Wang et al. (2021) bestätigen, dass Kundenrezensionen zur Passform von Kleidungsstücken die Retourenquote senken. Eine vollumfängliche Information der Kund:innen kann nicht rein automatisiert ermöglicht werden, sie sollte daher auch aktiv per Telefon, E-Mail oder Kontaktformular ermöglicht werden. Der Nutzen von KI-Chatbots als Alternative in der Kundenbetreuung ist aktuell noch unklar (Zimmermann et al. 2021).

*c) Informationskampagnen zur Umweltwirkung:* (Zimmermann et al. 2023) schlagen als wichtige Maßnahme zur Vermeidung von Retouren Informationskampagnen bzgl. der Umweltwirkung von Warenretouren vor, haben die Wirksamkeit aber nicht empirisch untersucht.

*d) Anreizsysteme und Umgang mit Retouren:* (Zimmermann et al. 2023) skizzieren folgende Maßnahmen in ihrer Roadmap zur Entwicklung des Onlinehandels: Sie schlagen vor, Anreize zur Senkung von Retouren zu setzen durch Rücksendegebühren, Bonussysteme für den retourenfreien Einkauf in Form von freiwilliger Selbstverpflichtung oder eine Retourensteuer. Darüber hinaus nennen sie die Umsetzung einer Obhutspflicht mit vorgelagerter Transparenzverordnung, ein Verbot der Entsorgung funktionsfähiger Neuware und die Vereinfachung von Sachspenden.

### 1.3.4 Vermeidung von Leerraum in Paketen

Am 30.11.2022 legte die EU-Kommission einen Entwurf für eine EU-Verpackungsverordnung vor. Künftig sollen demnach in Transportverpackungen maximal 40 % Leervolumen erlaubt sein (Umweltbundesamt 2022b; Dreyer 2023). Dieser Wert wird in vielen Produktkategorien übertroffen, in

anderen aber auch bereits unterschritten. Der Durchschnitt über alle Produktkategorien liegt bei 25 % (Forbes insights 2018). Für KEP-Dienstleister ist das Volumen der entscheidende Faktor für die Auslastung der Fahrzeuge (Brauer 16.08.2022), so dass durch die Vermeidung von Leerräumen auch Fahrleistung eingespart werden können, da mehr Pakete in einem Umlauf ausgeliefert werden können.

In Zimmermann et al. (2021) werden die THG-Emissionen reziprok proportional zur transportierten Paketanzahl abgeschätzt. Das Einsparpotenzial lässt sich aber abhängig von der derzeitigen Fahrzeugauslastung und weiteren Charakteristika der Touren nicht überall und vollständig heben. Nicht alle Fahrzeuge sind voll ausgelastet, und wenn je Fahrzeug mehr Pakete an mehr Adressaten ausgeliefert werden, muss eventuell auch eine längere Strecke zurückgelegt werden. Eine Reduktion des Leervolumens von 25 % auf 20 % entspricht einer Reduktion des durchschnittlichen Paketvolumens um 5 %. Kann die Hälfte davon gleichmäßig über alle Abschnitte der Lieferkette in Fahrleistungsreduzierung umgesetzt werden, so können anhand des Paketaufkommens von 2020 42 ktCO<sub>2e</sub> eingespart werden. Mit dem prognostizierten Liefervolumen von 2026 wären es 61 ktCO<sub>2e</sub>. In Verbindung mit einer verbesserten Routenoptimierung (Abschnitt 1.3.66) und der Flottenelektrifizierung, die mit der Nutzung kleinerer Fahrzeuge verbunden ist (Abschnitt 1.3.14), kann dieses Potenzial noch effizienter ausgenutzt werden.

Es sind bereits verschiedene Technologien verfügbar, die Versender bei der effizienteren Verpackung unterstützen (Hornung 2021; Deutsche Post DHL Group 13.04.2021). Durch eingesparte Transportkosten können sich diese auch für die Versender rentieren (Forbes insights 2018; Deutsche Post DHL Group 13.04.2021).

### 1.3.5 Konsolidierung im ländlichen Raum

Heshmati et al. (2019) zeigen, dass die Zusammenlegung der Lieferaktivitäten in ländlichen Gebieten in die Hand eines KEP-Dienstes eine deutliche Reduktion von THG-Emissionen bewirken kann. Schon beim Zusammenschluss von zwei Anbietern können die Emissionen um 25 % gesenkt werden. Beim Zusammenschluss von 5 Anbietern sinken die Emissionen auf ein Drittel.

Für Innenstädte fanden Heshmati et al. (2019) nur sehr geringe Einsparungseffekte. Eine Untersuchung des BIEK (2019b) fand in einer Simulation für Nürnberg und München durch die gesteigerten zwischen-Depot-Verkehre keine Emissions-Einsparungen. Im durch Ranieri et al. (2018) beschriebenen Konzept wird dieser Effekt durch gemeinsam genutzte urbane Konsolidierungszentren vermieden. Souza et al. (2014) beschreiben die Idee, bestimmte urbane Liefergebiete an jeweils einen KEP-Dienstleister auszuscheiden.

Ob solche Mechanismen oder die freiwillige Kooperation zwischen KEP-Dienstleistern mit deutschem und europäischen Wettbewerbsrecht vereinbar sind, beantwortet keine dieser Studien. Bereits erprobte Dienstleister-übergreifende Pick-up-Points vermeiden diese Unsicherheit. (siehe Abschnitt 1.3.2).

### 1.3.6 Routenoptimierung

Eine konsequente Routenoptimierung kann die Fahrzeugauslastung erhöhen sowie Fahrleistung und Lieferzeiten (z. B. Stauvermeidung) reduzieren (Cho 2022; Kurth 2022; Persiel 2014). Diese Dienste werden von externen Dienstleistern als Software as a Service (SaaS) angeboten, so dass keine eigenen Kapazitäten aufgebaut werden müssen. Manche Anbieter nehmen dabei auch übergreifend koordinierende Funktion als sogenannte 4<sup>th</sup> Party Logistics (4PL) Anbieter auf (BIEK 2017). Das THG-Einsparpotenzial ist schwer abzuschätzen. Allerdings hat eine Reduktion von 1 % Fahrleistung auf der letzten Meile bereits einen Effekt von 9,7 ktCO<sub>2e</sub>. Da gleichzeitig auch Fahrzeug- und Personalkosten eingespart werden, ist die Routenoptimierung zu empfehlen. Aus diesem Grund ist

auch von Same-Day-Deliveries abzuraten, da bei diesen Auslastung und Routenplanung oft nicht optimal sein können (Heshmati et al. 2019; Zimmermann et al. 2021).

Insgesamt kommt der Routenoptimierung eine Schlüsselmaßnahme dar, da auch andere Maßnahmen nur durch optimal angepasste Routen ihr volles Potenzial entfalten können. So kann durch elektronische Routenoptimierung flexibel auf ein verändertes Transportvolumen (z.B. durch verringerte Paketgröße) reagiert werden, um die Fahrzeugauslastung maximal zu gestalten, und gleichzeitig die Umlauf-Route flexibel an veränderte Zustellpunkte (z.B. vermehrte Zustellung an Paketshops oder Packstationen) anzupassen, oder um sie möglichst kurz zu gestalten (Krushinsky et al. 2022; Sauer et al. 2023).

## 1.4 Zwischenfazit

Insgesamt wurden 2020 für den Transport der **2,1 Mrd. nationalen B2C-Pakete** circa **1,7 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e** ausgestoßen. Dies entspricht **3,7 % der Emissionen des gesamten Straßengüterverkehrs** (Umweltbundesamt 2022e). Von dieser Paketmenge sind 20 % Retouren, die für 13 % der Gesamtemissionen der B2C-Pakete verantwortlich sind. Dabei werden insgesamt 57 % der Emissionen auf dem Nachlauf, der sogenannten letzten Meile, ausgestoßen.

Die 1,7 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>e ins Verhältnis gesetzt zu den transportierten 2,1 Mrd. nationalen B2C-Pakete ergeben ebenfalls die bereits auf anderem Wege errechneten **durchschnittlichen THG-Emissionen um die 800 gCO<sub>2</sub>e pro Paket**, was vergleichbar ist mit der Emissionsmenge einer 1 Kilogramm-Packung Nudeln bzw. dem fünffachen Ausstoß eines mit einem PKW zurückgelegten Personenkilometers.

Eine absolute bzw. prozentuale Aussage, um wieviel sich der derzeitige Anteil des durch den Onlinehandel induzierten Lieferverkehrs (in Höhe von 3,7 % an den Emissionen des gesamten Straßengüterverkehrs) durch Umsetzung der skizzierten Ansatzpunkte senken ließe, ist leider, aufgrund zu vieler Unwägbarkeiten und verschiedenster denkbarer Szenarien nicht ohne weiteres prognostizierbar.

Eine Berechnung der THG-Emissionen je Einkauf, die wie in Abschnitt 1.2.5 dargestellt, den Emissionswert eines an die Kund:innen ausgelieferten Pakets mit den anteiligen Retouren-Emissionen verrechnet, hat in der hier betrachteten Literatur nicht stattgefunden. Unter der Prämisse, dass ein je Einkauf drei Artikel gekauft werden (Oliver Wyman 2021), sind die hier errechneten Emissionswerte je Artikel mit denen von Oliver Wyman (2021) ermittelten durchaus vergleichbar. Die hier bestimmten THG-Emissionen je Paket sind etwas höher als die aus DCTI (2015), berücksichtigen allerdings auch Vorkettenemissionen. Im Vergleich zu den Extremwerten aus Zimmermann et al. (2021) liegen sie in etwa dazwischen, allerdings im oberen Bereich. Insgesamt liegen die hier in der Top-Down-Methode ermittelten Emissions-Werte nah an den Bottom-Up berechneten Literaturwerten.

## 2 Verpackungen

---

### 2.1 Ziele und Vorgehensweise

Im Rahmen der Untersuchung der ökologischen Auswirkungen von Versandverpackungen im Onlinehandel werden in Abschnitt 2.2 zunächst der aktuelle Wissensstand und die im Rahmen dieser Studie generierten Erkenntnisse zum Status Quo zusammengefasst. Hierfür wurden mittels einer Literaturrecherche Daten zum Verpackungsaufkommen gesammelt, um das Abfallaufkommen abzubilden. Zudem wurden einerseits für die verwendeten Materialien (Papier/Pappe, Kartonage), andererseits auch für einzelne Verpackungslösungen Daten zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen und dem Wasserbedarf zusammengetragen. Diese Parameter werden als besonders relevant eingestuft, um die ökologischen Auswirkungen von Versandverpackungen zu beurteilen.<sup>2</sup>

Zur Ergänzung der verfügbaren Sekundärdaten und der Erkenntnisse aus bestehenden Veröffentlichungen wurden in Rücksprache mit dem Auftraggeber Experteninterviews mit Praxisakteuren aus dem Onlinehandel und der Verpackungsbranche durchgeführt. In den Interviews wurden v. a. der Status Quo von Verpackungslösungen und die Realisierung, die Akzeptanz und mögliche bestehende Hemmnisse neuer Verpackungslösungen, insbesondere von Mehrwegverpackungen, adressiert.

Basierend auf den Erkenntnissen zum Status Quo von Verpackungslösungen für den Onlinehandel und den zusätzlich generierten Erkenntnissen aus den Experteninterviews werden in Abschnitt 2.3 Ansatzpunkte und Handlungsoptionen zur Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit erläutert. Der Fokus liegt hierbei auf den Onlinehändler:innen, den Konsumenten und den Verpackungsherstellern als wichtigste Stakeholder im Onlinehandel. In Abschnitt 2.4 erfolgt ein Zwischenfazit zum Thema Versandverpackungen.

### 2.2 Validierung des Wissenstandes und Generierung neuer Erkenntnisse

#### 2.2.1 Verpackungsaufkommen

Anhand des Verpackungsaufkommens kann das Abfallaufkommen eingeschätzt werden, das eine wichtige Größe zur Beurteilung der ökologischen Auswirkungen ist. Abbildung 7 zeigt eine Übersicht der aktuellsten verfügbaren Daten zum Verpackungsaufkommen im Onlinehandel in Deutschland. Dabei kann zwischen

- PPK-Versandverpackungen (Papier, Pappe, Kartonagen) und
- LVP-Versandverpackungen (Leichtverpackungen)

unterschieden werden. Es sind sowohl Haupt- als auch Nebenpackmittel enthalten, d. h. neben dem Versandbehältnis (Karton, Versandtasche etc.) auch Packmittel wie Etiketten, Klebeband oder Füllmaterialien. Verpackungsmengen, die nicht recherchiert werden konnten, sind mit einem Fragezeichen markiert.<sup>3</sup>

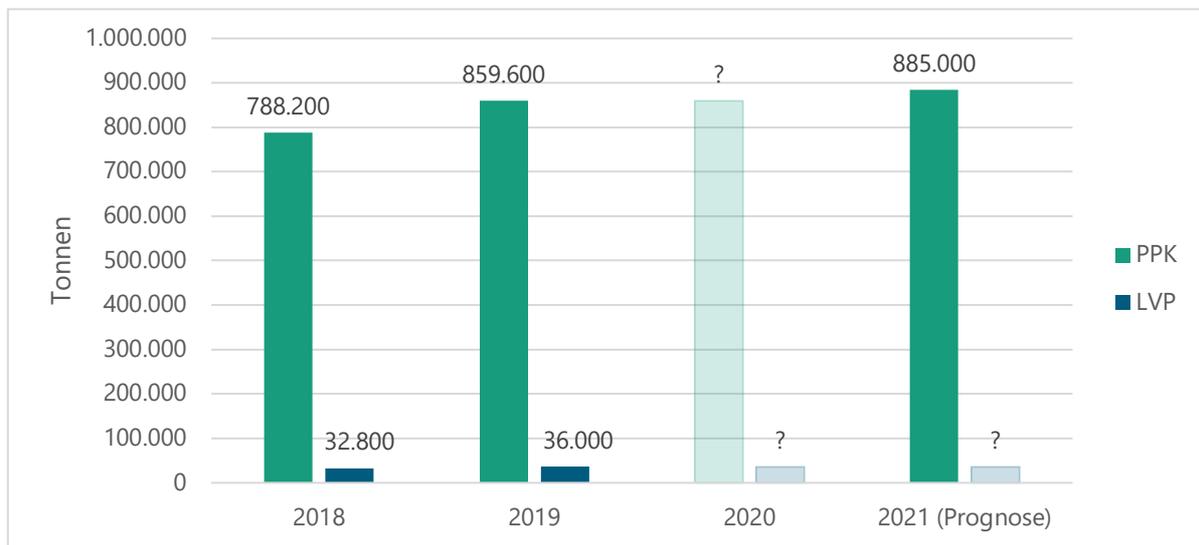
---

<sup>2</sup> Im Rahmen der Studie wurde auch versucht Daten zum kumulierten Energieaufwand in der Material- bzw. Verpackungsherstellung zu sammeln. Hierzu konnten allerdings keine Quellen ausgemacht werden. Für eine umfassendere Bewertung, etwa in einer Ökobilanz nach DIN ISO 14.040 und 14.044, müssten noch weitere Beurteilungskriterien einbezogen werden.

<sup>3</sup> Zum Verpackungsaufkommen von Versandverpackungen im Onlinehandel sind nur wenige Daten frei verfügbar.

Insgesamt ist ein Anstieg des Verpackungsaufkommens deutlich, der den Trend vorheriger Jahre fortsetzt. Hauptgrund hierfür sind die steigenden Sendungszahlen (KE-CONSULT 2022). Im Jahr 2019 wurden 859.600t PPK-Verpackungen und 36.000t LVP-Verpackungen im Online- und Versandhandel in Deutschland eingesetzt.

**Abbildung 7: Versandverpackungen im Online-/Versandhandel in Deutschland**



Quellen: GVM (2021b), GVM (2022b), Zimmermann et al. (2021)

PPK-Verpackungen dominieren deutlich als Hauptpackmittel: In den Jahren 2018 und 2019 hatten Kartons und Schachteln mit 92 % den größten Anteil. In dieser Kategorie sind dabei Faltschachteln mit 87 % die größte Gruppe, Stülpedeckelschachteln (4 %) und Klappdeckelschachteln (1 %) machen nur einen geringen Anteil aus (GVM 2021b; Zimmermann et al. 2021).

Neben den allgemein steigenden Sendungszahlen wird die Zunahme von PPK-Verpackungsmengen auch dadurch beeinflusst, dass viele LVP-Verpackungen und -Packmittel zunehmend durch PPK-Produkte ersetzt werden, z. B. Versandtaschen (hier oft auch Papierverbunde) oder auch Füllmaterialien und Klebebänder. Das liegt auch daran, dass viele Konsument:innen im Allgemeinen Papier/Pappe als natürlicher und nachhaltiger einstufen als Kunststoff (Weinand et al. 2021; Kantar Public 2021). Wie auch in den geführten Experteninterviews bestätigt wurde, ist umgekehrt ein Rückgang bei Kunststoffverpackungen im Versandhandel zu beobachten, teilweise verzichten Händler:innen komplett auf den Einsatz von LVP.<sup>4</sup> Diese Entwicklungen wirken sich bremsend auf die Zunahme der LVP-Fraktion aus, dennoch ist insgesamt eine Zunahme aufgrund der wachsenden Sendungszahl zu sehen (GVM 2021b, 2022a).

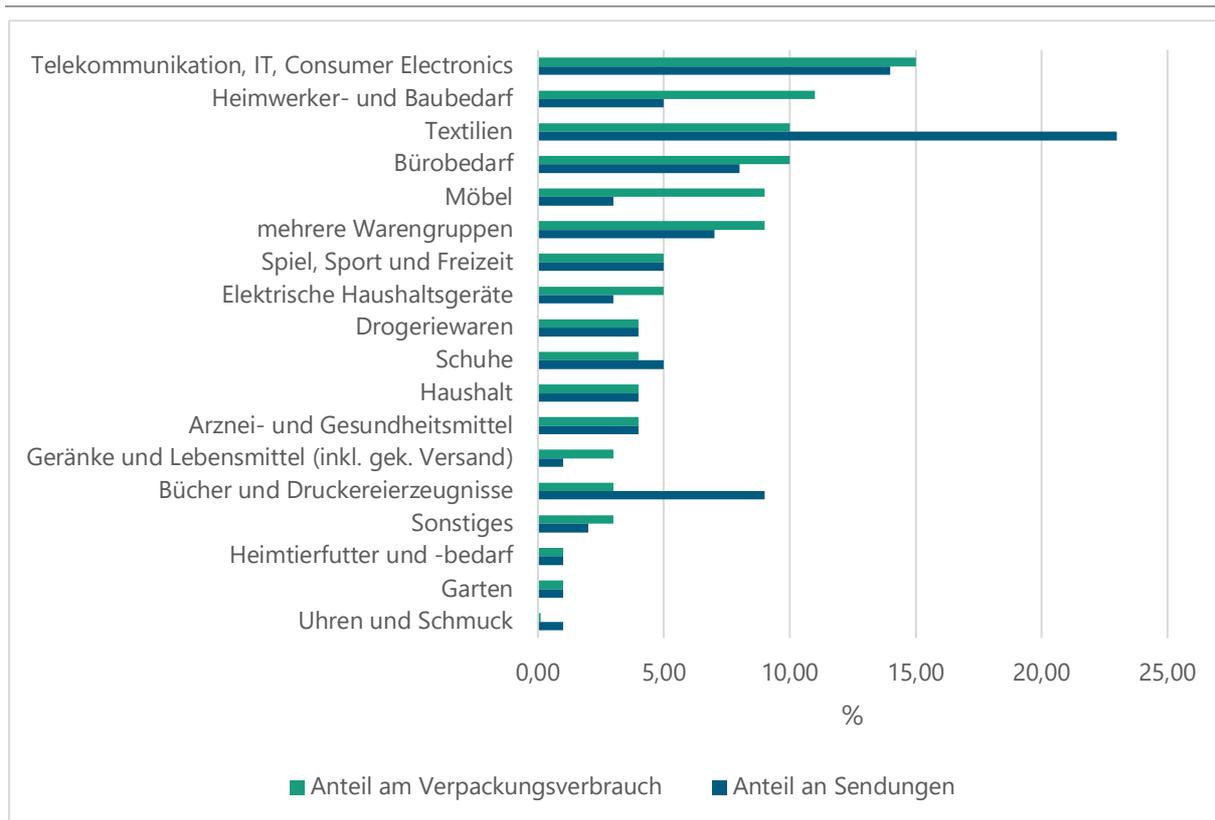
Der Anteil verschiedener Warengruppen am Verpackungsaufkommen (sowohl PPK als auch LVP) ist in Abbildung 8 dargestellt. Es werden Verpackungsmengen in Tonnen den Anzahlen der Sendungen gegenübergestellt (jeweils in %). Die aktuellsten hierfür verfügbaren Daten sind von 2018 (Zimmermann et al. 2021).

Es zeigt sich, dass Textilien zwar mit 23 % den größten Anteil an den Sendungen haben, dass aber ihr Anteil am Verpackungsaufkommen mit 10 % deutlich geringer ausfällt. Ähnlich verhält es sich bei Produkten der Warengruppe "Bücher und Druckereierzeugnisse" (9 % Anteil an Sendungen, 3 %

<sup>4</sup> Z. b. verzichtet Amazon beim Versand aus deutschen Logistikzentren auf Einweg-Versandverpackungen aus Kunststoff. Füllmaterial aus Kunststoff, wie Luftpolsterfolie, kommt aber bei Bedarf weiterhin zum Einsatz, siehe <https://www.aboutamazon.de/news/nachhaltigkeit/amazon-verzichtet-beim-versand-aus-deutschen-logistikzentren-auf-einweg-plastikumverpackungen>.

Anteil am Verpackungsverbrauch). Umgekehrt ist der Anteil am Verpackungsverbrauch etwa bei Heimwerker- und Baubedarf mit 11 % deutlich höher als der Anteil an Sendungen mit 5 % oder bei Möbeln (9 % Anteil am Verpackungsverbrauch, 3 % Anteil an Sendungen). Beide Effekte können auf die Sendungszahlen in den jeweiligen Warengruppen sowie die Verpackungsgrößen und dem damit einhergehenden Verpackungsverbrauch zurückgeführt werden. Betrachtet man die Fraktionen PPK und LVP getrennt, ergeben sich ähnliche Zusammenhänge. Eine getrennte Betrachtung ist in Anhang A.1.1 zu finden.

**Abbildung 8: Anteil an Verpackungsverbrauch und Sendungszahl nach Warengruppe im Online-/Versandhandel in Deutschland 2018 (PPK + LVP)**



Quelle: Zimmermann et al. (2021)

## 2.2.2 Entsorgung und Recycling

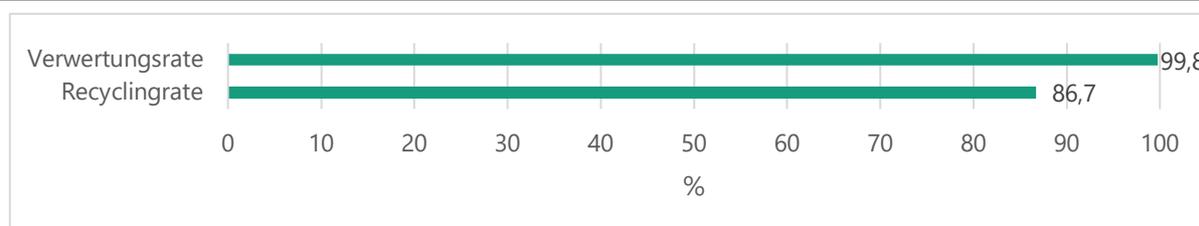
Mit dem Verpackungsaufkommen einher geht die Frage nach den Verwertungswegen der Verpackungsabfälle. Hierbei ist zu unterscheiden, ob eine (werk-)stoffliche Verwertung bzw. Recycling oder nur eine energetische Verwertung möglich ist. Bei der stofflichen Verwertung werden die Materialien wiederaufbereitet und bleiben so dem Materialkreislauf erhalten. Sie werden auch als Sekundärrohstoffe oder Sekundärmaterialien bezeichnet und können Primärrohstoffe/Primärmaterialien (und damit natürliche Ressourcen) ersetzen. In der thermischen Verwertung werden die Abfälle verbrannt. Sie werden dadurch zwar noch energetisch genutzt, meist zur Wärmeenergieerzeugung, die Materialien gehen aber dem Materialkreislauf verloren. In Deutschland wird nur noch ein kleiner Anteil an Müll deponiert, u. a. auch die Schlacke aus der thermischen Verwertung.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Siehe <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/ablagerungsquoten-der-hauptabfallstroeme#ablagerungsquoten->

Es konnten im Rahmen der Recherchen keine frei verfügbaren Daten zu Recycling- (d. h. nur stoffliche Verwertung) und Verwertungsraten (stoffliche und energetische Verwertung) speziell von Versandverpackungen ermittelt werden. Verpackungen aus dem Online- und Versandhandel sind derzeit in der Regel Einwegverpackungen und fallen deshalb - außer bei Retouren - nahezu ausschließlich beim Endverbraucher an. Deshalb können die Angaben zu Recycling- und Verwertungsraten von Verpackungen der dualen Systeme einen guten Richtwert bieten, in welchem Umfang auch Versandverpackungen dem Recycling oder der energetischen Verwertung zugeführt werden. Zudem ist hier auch die Systembeteiligung der Inverkehrbringer von Verpackungen, welche Online- und Versandhändler:innen bezogen auf Versandverpackungen sind, eine relevante Größe, um die Situation in den dualen Systemen einzuschätzen.

Die Recyclingrate für PPK-Verpackungen im Allgemeinen liegt im Jahr 2020 bei 86,7 %, die Verwertungsrate bei 99,8 % (GVM 2021a), siehe Abbildung 9. Eine Papierfaser kann bis zu 25 Mal recycelt werden (Pajula et al. 2022; IPR 2019).

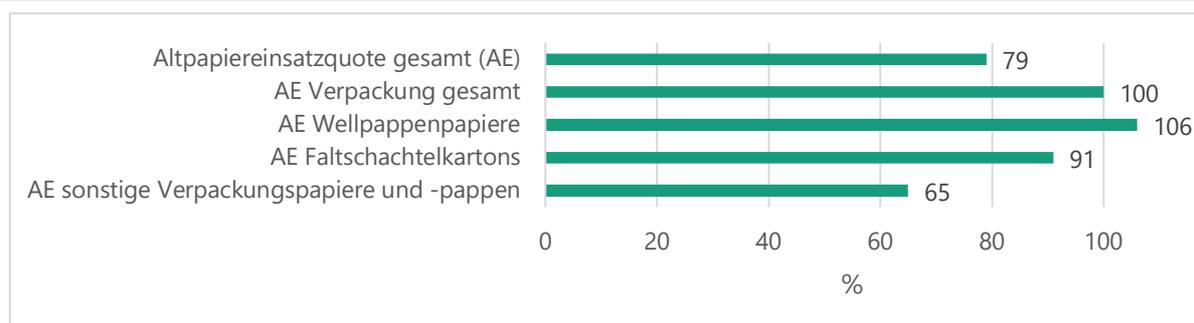
**Abbildung 9: Verwertungs- und Recyclingrate für PPK-Verpackungen allgemein 2020**



Quelle: GVM (2021a)

Abbildung 10 zeigt die Altpapiereinsatzquote (AE) für PPK-Verpackungen im Jahr 2021 (DIE PAPIERINDUSTRIE e. V. 2022). Sie ist das Verhältnis von eingesetztem Altpapier zur produzierten Menge von PPK-Produkten. Für Wellpappenpapiere beträgt diese Quote über 100 %, was im Wesentlichen aus den Verlusten bei der Altpapieraufbereitung in der Produktion resultiert.<sup>6</sup> Für Faltschachtelkartons, die häufig eingesetzte Versandverpackungen im Onlinehandel sind, beträgt die Altpapiereinsatzquote 91 % und liegt über der durchschnittlichen PPK-Recyclingrate von 86,7 %.

**Abbildung 10: Altpapiereinsatz für PPK-Verpackungen allgemein 2021**



Quelle: DIE PAPIERINDUSTRIE e. V. (2022)

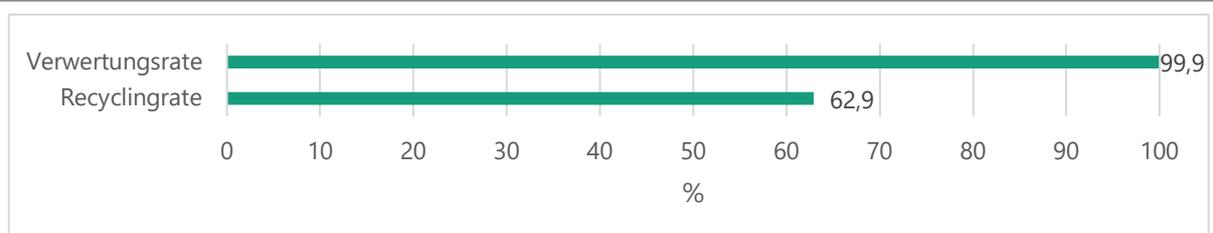
Verpackungen aus Wellpappe, wie sie als Versandverpackungen im Onlinehandel verwendet werden, werden also in der Regel stofflich recycelt und dem Altpapierkreislauf wieder zugeführt. Außerdem wird für die Produktion neuer Wellpappen ein großer Anteil Altpapier eingesetzt. Deshalb

<sup>6</sup> Bei der Aufbereitung von Altpapier werden Sortierreste und Verunreinigungen, welche die Qualität des Neupapiers beeinträchtigen, abgeschieden. Dabei gehen auch in geringem Umfang Papierfasern verloren. Deshalb wird in der Produktion bis zu 20 % mehr Rohstoff, der aber auch papierfremde Bestandteile enthält, eingesetzt. Siehe <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altpapier#die-deutsche-papierindustrie>

kann angenommen werden, dass für die meisten Wellpappe-basierten Versandverpackungen ein geschlossener Materialkreislauf besteht (Pitschke et al. 2021).

Bei LVP-Verpackungen in den dualen Systemen ist die Recyclingrate geringer als bei PPK-Verpackungen und beträgt im Jahr 2020 nur 62,9 %, siehe Abbildung 11. Die Verwertungsrate ist jedoch vergleichbar und liegt bei 99,9 %.

**Abbildung 11: Verwertungs- und Recyclingrate für LVP-Verpackungen allgemein 2020**



Quelle: GVM (2021a)

Die Kunststoffabfälle in den dualen Systemen (gelber Sack/Wertstofftonne) werden in den Sortieranlagen v. a. durch Nah-Infrarot-Technik in einzelne Kunststoffsorten separiert. Typische Versandverpackungen können dabei gut sortiert werden (Zimmermann et al. 2021). Relevante Kunststoffe im Bereich von Versandverpackungen sind Polyethylen (PE), High-Density Polyethylen (HDPE), Low-Density Polyethylen (LDPE) und Polypropylen (PP). PE und PP können im Allgemeinen gut recycelt werden, sie können entweder direkt zu neuen Produkten umgeschmolzen werden oder zu einem wiederverwendbaren Granulat (Regranulat) verarbeitet werden.<sup>7</sup> Diese Regranulate können primäres LDPE, HDPE oder PP ersetzen (Bulach et al. 2022). Allerdings ist nicht bekannt, in welchem Umfang Kunststoffrezyklate derzeit in Versandverpackungen eingesetzt werden (Zimmermann et al. 2021). Für Kunststoffverpackungen im Allgemeinen lag der Rezyklatanteil im Jahr 2019 bei ca. 11 % (IK und AGVU 2021). Der Entwurf der EU-Verpackungsordnung sieht vor, dass ab 2030 u.a. Versandverpackungen mindestens 35 % und ab 2040 mindestens 65 % recyceltes Material enthalten sollen (European Commission 30.11.2022).

Die Systembeteiligung an den dualen Systemen bei PPK- und LVP-Verpackungen liegt im Jahr 2020 bei 76 % bzw. 75 %.<sup>8</sup> Hierbei werden alle Akteure einbezogen, die als Inverkehrbringer von Verpackungen gelten, darunter u. a. auch Online- und Versandhändler:innen. Die Systembeteiligung ist seit der Einführung des Verpackungsgesetzes deutlich gestiegen, sollte aber noch weiter steigen (ZSVR 2021). Da der Onlinehandel nur einen Teil der Inverkehrbringer abdeckt, ist unklar, in welchem Umfang die Unterbeteiligung hier vorliegt.

Die Verwertungsraten für PPK- und LVP-Verpackungen erfüllen die derzeit geltenden Vorgaben gemäß des VerpackG (Deutscher Bundestag 05.07.2017) von mindestens 63 % für LVP und mindestens 90 % für PPK (bezogen auf der Beteiligungsmenge in den dualen Systemen). Der Entwurf der EU-Verpackungsverordnung (European Commission 30.11.2022) sieht zudem vor, dass bis 2030 alle Verpackungen wiederverwendbar oder in wirtschaftlich tragfähiger Weise recyclingfähig sind.

<sup>7</sup> PP-Rezyklate sind allerdings erst seit einigen Jahren in nennenswerten Mengen auf dem Markt verfügbar, siehe <https://www.agvu.de/de/141-141/> und <https://www.agvu.de/de/polypropylen-pp-147/>

<sup>8</sup> Die Systembeteiligung wird von der Zentralen Stelle Verpackungsregister (ZSVR) veröffentlicht und berechnet sich aus den Beteiligungsmengen und den Marktmengen systembeteiligungspflichtiger Verpackungen. Die Marktmengen der systembeteiligungspflichtigen Verpackungen sind der ZSVR nicht bekannt und müssen über Marktforschungsstudien ermittelt werden. In den Jahren der Corona-Pandemie waren die Daten durch Marktverzerrungen und neue Pfandregelungen weder repräsentativ noch vergleichbar mit den Vorjahren. Deshalb ist unklar, wann eine erneute Erhebung sinnvoll durchgeführt werden und eine Aktualisierung der letzten Angabe aus dem Jahr 2020 erfolgen kann. Siehe <https://www.verpackungsregister.org/information-orientierung/themen-verpackg/zahlen-daten-fakten>

## 2.2.3 CO<sub>2</sub>-Emissionen und Wasserbedarf von Versandverpackungen

Um die ökologischen Auswirkungen des Verpackungsaufkommens neben dem reinen Abfallaufkommen einzuschätzen, sind der Energieaufwand für die Herstellung von Verpackungsmaterialien und -produkten und die damit einhergehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie der ebenfalls für die Herstellung benötigte Wasserbedarf wichtige Beurteilungskriterien.

### Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen

Detaillierte Angaben zum Energiebedarf speziell in der Herstellung von Versandverpackungsmaterialien oder -produkten konnten nicht ermittelt werden. Es ist aber davon auszugehen, dass die allgemeine Entwicklung im PPK-Bereich auch hier greift. Die Herstellung von Verpackungen ist im Vergleich zu 1990 deutlich energieeffizienter geworden. Der mittlere Energieeinsatz bezogen auf eine Tonne erzeugtes Papier betrug 2020 2,743 Megawattstunden (MWh) (1990 noch 3,413 MWh).<sup>9</sup> Auch die Treibhausgas-Emissionen konnten gesenkt werden. Im Jahr 2020 liegen sie bei 555 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne produziertem Papier.<sup>9</sup> 2021 war der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck<sup>10</sup> von Wellpappe 491 kg CO<sub>2</sub>e<sup>11</sup> pro Tonne produzierter Wellpappe (538 kg CO<sub>2</sub>e/t in 2018) (FEFCO 2022a, 2022c).

Im Folgenden werden detailliertere Angaben für die CO<sub>2</sub>e-Emissionen verschiedener Versandverpackungslösungen angegeben. Es werden einerseits die Materialien Pappe/Karton und häufig verwendete Kunststoffarten verglichen und andererseits konkrete Verpackungsprodukte. Bei den verfügbaren Angaben zu CO<sub>2</sub>e-Emissionen muss unterschieden werden, ob sie sich nur auf die Herstellung des Materials bzw. Produktes beschränken, oder ob noch weitere Abschnitte im Lebenszyklus des Produktes, wie etwa Transportwege oder Entsorgungs- und Recyclingprozesse, einbezogen werden.

Abbildung 12 zeigt die CO<sub>2</sub>e-Emissionen der Herstellung von Karton/Pappe und diversen Kunststoffsorten, die häufig für Versandverpackungen verwendet werden (HDPE, LDPE, PE, PP). Es wird deutlich, dass für die betrachteten Kunststoffe die spezifischen Emissionen je Gramm erzeugten Materials immer größer sind als diejenigen für Karton/Pappe.

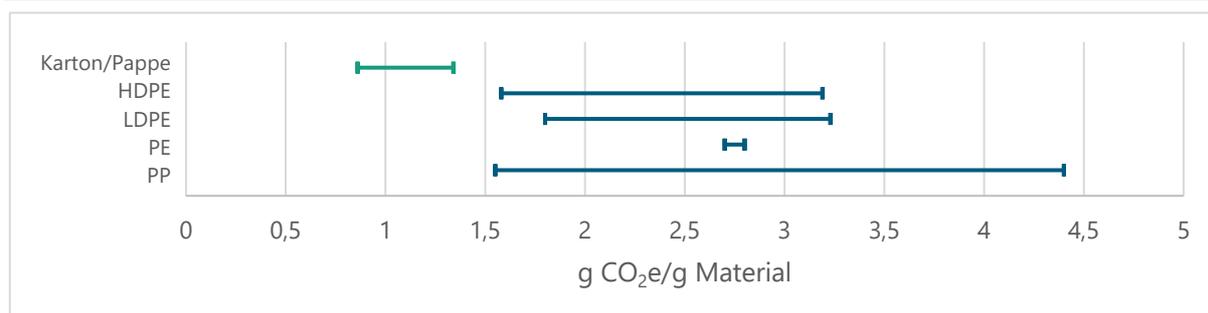
---

<sup>9</sup> Siehe <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altpapier#energieeffiziente-papierherstellung>

<sup>10</sup> "cradle-to-grave"-Betrachtung, d. h. für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden alle Phasen des Produktlebenszyklus einbezogen: Herstellung, vorgelagerte Prozesse, Transporte, Nutzungsphase, Entsorgung.

<sup>11</sup> Angabe als CO<sub>2</sub> oder CO<sub>2</sub>e, letzteres bezieht auch Emissionen weiterer Treibhausgase ein, wie z. B. Methan oder Lachgas, umgerechnet in ihre CO<sub>2</sub>-Äquivalente.

**Abbildung 12: CO<sub>2</sub>e-Emissionen für die Herstellung verschiedener Verpackungsmaterialien (Bereiche)**

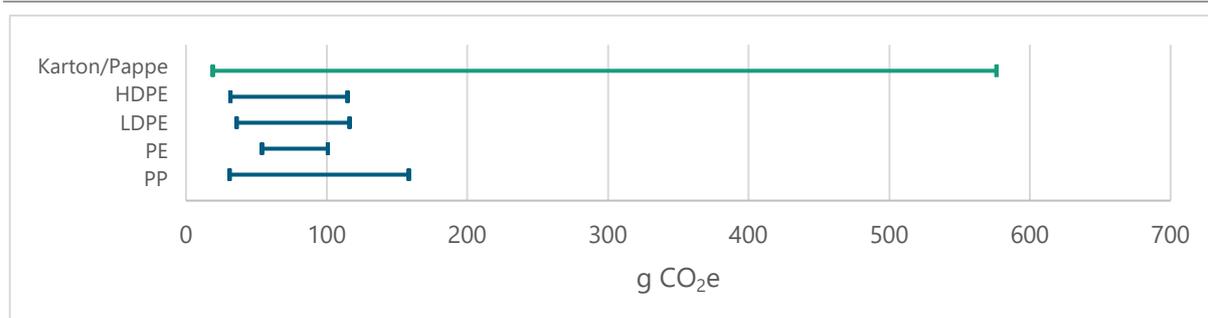


Quellen: Zimmermann und Bliklen (2020), UBA (2015)

Für die Herstellung von rezyklierten Kunststoffen konnten keine vergleichbaren Daten ermittelt werden. Beispielsweise wurde aber in einer Studie von Fraunhofer UMSICHT nachgewiesen, dass die Herstellung von Rezyklaten (die Primärkunststoffe PP, HDPE oder LDPE ersetzen können) im Vergleich zu Primärkunststoff 30-60 % der Treibhausgas-Emissionen einspart.<sup>12</sup>

Ausgehend von den materialbezogenen CO<sub>2</sub>e-Emissionen können für die Emissionen für Versandverpackungen Bereiche berechnet werden, siehe Abbildung 13. Hierfür wurden als typische Gewichte von PPK- und LVP-Versandverpackungen 22-430 g bzw. 20-36 g angenommen (Detzel et al. 2021; Zimmermann und Bliklen 2020; Zimmermann et al. 2021). Dabei wird deutlich, dass es stark von der Größe bzw. vom Gewicht der gewählten Verpackung abhängt, welche Verpackungslösung die geringeren CO<sub>2</sub>e-Emissionen hat. Obwohl Kunststoffe einen größeren pro-Gramm-Emissionswert haben, können sie bei kleineren Verpackungsgrößen durchaus einen kleineren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck haben als eine PPK-Variante.

**Abbildung 13: CO<sub>2</sub>e-Emissionen für die Herstellung verschiedener Verpackungsprodukte in Abhängigkeit des Gewichts (Bereiche)**

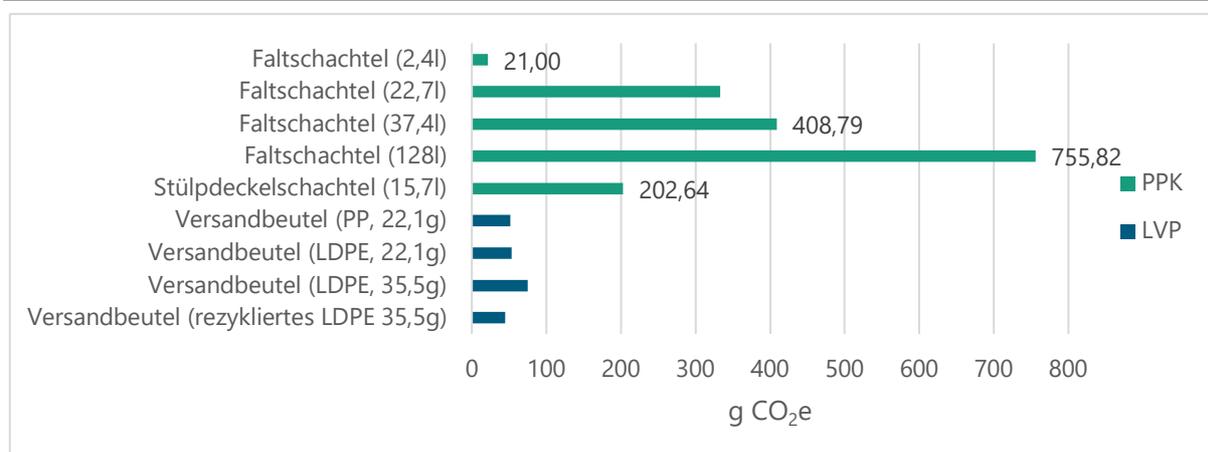


Das zeigen auch die Angaben von Treibhausgas-Emissionen spezifischer Verpackungslösungen. Allerdings wird nicht überall der gleiche Betrachtungsrahmen verwendet, teilweise wird nur die Herstellung selbst betrachtet, teilweise auch Entsorgungs- und Recyclingprozesse, oder Transportwege. Nachfolgende Abbildungen zeigen eine Auswahl von CO<sub>2</sub>e-Emissionen von Verpackungsprodukten, die sich nur auf die Herstellung beziehen (Abbildung 14) oder auf die Herstellung und die Entsorgung inkl. Recycling (Abbildung 15). Vergleicht man die herstellungsbedingten CO<sub>2</sub>e-Emissionen, haben PPK-Produkte meist einen höheren Wert als LVP-Verpackungen. Ein Hauptgrund hierfür liegt im höheren Gewicht der PPK-Lösungen. Die Verpackungsprodukte bilden verschiedene

<sup>12</sup> Rezyklate "Recythen" und "Procyklen", siehe <https://www.umsicht.fraunhofer.de/de/presse-medien/pressemitteilungen/2019/interseroh-oekobilanz-studie.html> und <https://innovatives-brandenburg.de/de/nachhaltig-heute/kunststoff-recycling/die-reise-des-abfalls>

Größen ab, wobei anzunehmen ist, dass die in der folgenden Abbildung 15 herausstechende Verpackung mit 128 l Fassungsvermögen in der Praxis eher selten verwendet wird und eine obere Grenze der CO<sub>2</sub>e-Emissionen von PPK-Verpackungen darstellen kann.<sup>13</sup>

**Abbildung 14: CO<sub>2</sub>e-Emissionen von Verpackungsprodukten (Herstellung)**



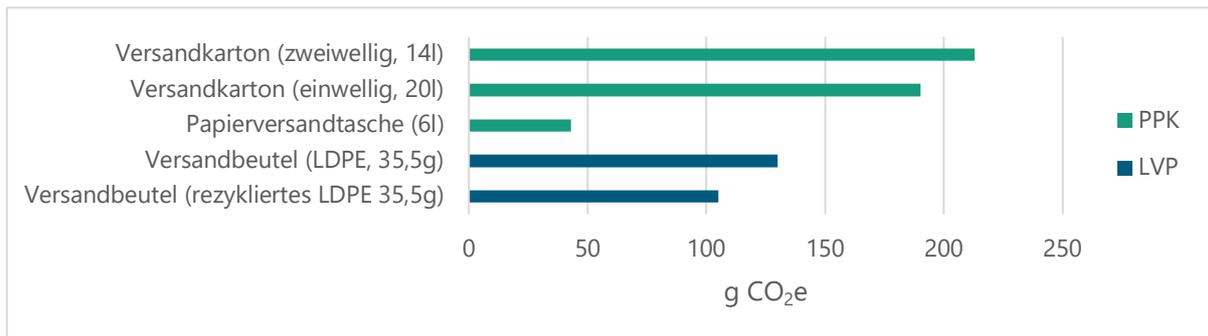
Quellen: Zimmermann et al. (2021), Detzel et al. (2021)

Abbildung 15 zeigt Verpackungsvarianten, für die Daten zu CO<sub>2</sub>e-Emissionen sowohl für die Herstellung als auch für die Entsorgung ermittelt werden konnten. Insbesondere wenn LVP-Produktvarianten mit Anteil von rezykliertem Material mit Produktvarianten aus Primärmaterial verglichen werden sollen, ist es wichtig, beide Aspekte einzubeziehen. Zwar ist der Recyclingprozess energieintensiver, aber dadurch, dass das Material im Kreislauf gehalten werden kann, können Emissionen bei der Herstellung aus Primärmaterial eingespart werden.

Außerdem muss auch beachtet werden, dass bei der endgültigen Entsorgung (d. h. der Verbrennung) von PPK-Verpackungen biogenes CO<sub>2</sub> freigesetzt wird, welches zuvor durch das Wachstum der Bäume aus der Atmosphäre entnommen wurde. Bei der endgültigen Entsorgung von LVP-Verpackungen wird hingegen - Stand heute - fossiles CO<sub>2</sub> freigesetzt.

<sup>13</sup> Es sind keine Angaben verfügbar wie häufig welche Größe eingesetzt wird. Bei Händlern mit großen Versandzahlen ist der Verpackungsprozess in der Regel automatisiert und bei Kartons wird eine Volumenoptimierung (durch Reduktion der Kartonhöhe) eingesetzt. Beispielhafte Daten eines Verpackungsherstellers zeigen, dass die Volumina zwischen 2,4 und 204,1 l variieren können. Durch die Volumenoptimierung kann z.B. das Volumen eines Versandkartons mit maximal möglichem Volumen von 139,2 l auf 32 l reduziert werden oder von 204,2 l auf 33,5 l (Experteninterview DS Smith Packaging Deutschland Stiftung & Co. KG).

**Abbildung 15: CO<sub>2</sub>e-Emissionen von Verpackungsprodukten (Herstellung und Entsorgung)**



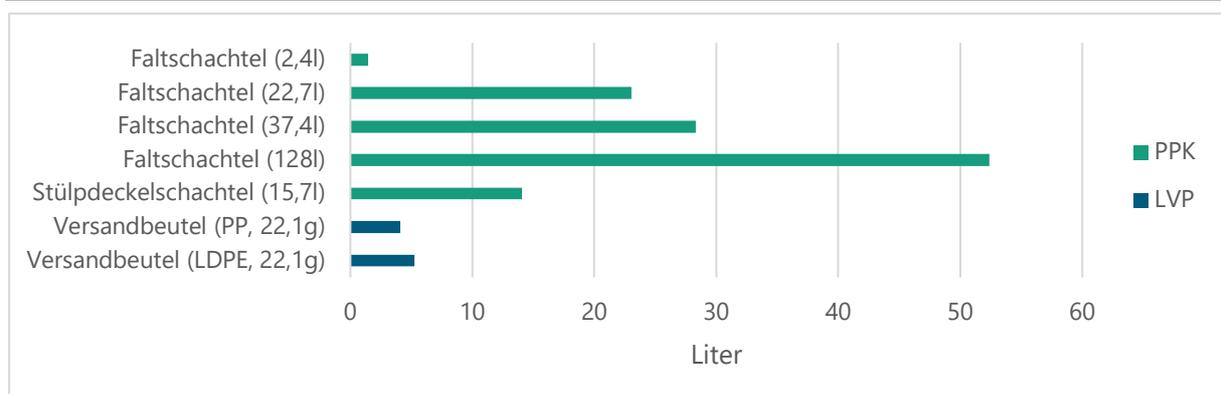
Quellen: Zimmermann et al. (2021), Pitschke et al. (2021)

### Wasserbedarf

Neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen ist auch der Wasserbedarf in der Herstellung von Verpackungsmaterialien und -produkten relevant für die Umweltauswirkungen von Versandverpackungen. In der Papierherstellung allgemein konnte der Wasserverbrauch stark reduziert werden und betrug im Jahr 2020 neun Liter pro Kilogramm produzierten Papiers (1970: 50 l/kg).<sup>14</sup> Diese Einsparungen konnten v. a. durch die Einführung einer Kreislaufführung des Wassers herbeigeführt werden. Heute wird der Großteil des Wassers in der PPK-Produktion nicht "verbraucht", also nicht in Produkten oder Abfall gebunden. Mehr als 90 % des Wassers wird zurückgeführt und wiederverwendet. Auch in der Kunststoff-Produktion (PE und PP) wird ein großer Teil des Wassers zurückgeführt und im Kreislauf gehalten (Barker 2018).

Abbildung 16 zeigt den Wasserbedarf für die Herstellung verschiedener Verpackungsvarianten. Fast alle PPK-Verpackungslösungen haben dabei einen größeren Wasserbedarf als die LVP-Varianten.

**Abbildung 16: Wasserbedarf bei der Herstellung von Verpackungsprodukten**



Quellen: Zimmermann et al. (2021)

Ob die aufgeführten Wasserbedarfe für die Produktion als kritisch einzuschätzen sind, kann nicht allgemein beurteilt werden. Hierfür müssten im Einzelfall jeweils der konkrete Standort der Produktion und die dortige Situation der Wasserversorgung berücksichtigt werden.

<sup>14</sup> Siehe <https://www.papierindustrie.de/themen>

## 2.2.4 Mehrweg-Versandverpackungen

Als Alternative zu Einweg-Versandverpackungen gewinnen Mehrweg-Lösungen immer mehr an Bedeutung. Die Anzahl der angebotenen Lösungen und Praxistests hat in den letzten Jahren zugenommen, allerdings beschränkt sich der Einsatz bislang überwiegend auf Erprobungen (Marktanteil unter 0,1 % in 2018 (Zimmermann et al. 2021)). Der Entwurf der EU-Verpackungsverordnung (European Commission 30.11.2022) sieht allerdings vor, dass dieser Anteil erhöht wird. Laut Entwurf sollen 2030 10 % und ab 2040 50 % der Transportverpackungen, die für die Zustellung von Artikeln (ausgenommen Lebensmittel) verwendet werden und erstmals über den elektronischen Handel bereitgestellt werden, wiederverwendbare Verpackungen sein.

Unter den derzeitigen Mehrweg-Versandverpackungen gibt es sowohl Hartverpackungen als auch flexible Verpackungen. Die meisten flexiblen Verpackungen sind auf ein kleines Format faltbar, so dass der Rückversand für die Kundinnen und Kunden besonders einfach durch den Einwurf in einen Briefkasten erfolgen kann. Die Mehrweglösungen sind überwiegend aus Kunststoff (PP, PET), häufig werden auch (zumindest anteilig) Sekundärmaterialien verwendet.

Vereinzelt gibt es auch Ansätze, Versandkartons mehrfach zu nutzen, die eigentlich als Einweglösungen konzipiert sind. So gibt es etwa "Tauschstationen" gebrauchter Versandkartons in Paketschleppern<sup>15</sup> oder Versandkartons werden mit Banderolen versehen, um eine Mehrfachverwendung zu ermöglichen. Allerdings eignen sich Versandkartons nur bedingt für mehrere Versandzyklen, auch wenn sie zusätzlich mit Einweg-Bestandteilen wie Banderolen versehen werden. Der Frischfaserteil der Kartons müsste angehoben werden, um eine größere Stabilität zu erzeugen und selbst dann wird es als schwierig eingeschätzt, mehrere Versandzyklen zu garantieren. Ebenso wird es von einem Interviewpartner im Rahmen unserer Experteninterviews als Herausforderung gesehen, die gebrauchten Versandkartons wieder in automatisierte Verpackungsprozesse zu integrieren, da ein bereits aufgestellter und/oder verformter Karton eine andere Form hat als neue Kartons. Eine beispielhafte Übersicht von Mehrwegversandverpackungen mit genaueren Informationen findet sich in Anhang A.1.2.

Um die ökologische Nachhaltigkeit von Mehrweg-Versandverpackungen im Vergleich zu Einweglösungen einzustufen, sollten insbesondere folgende Aspekte berücksichtigt werden (Di Salvo und Castellani 2022; Coelho et al. 2020; Pajula et al. 2022; FEFCO 2022b):

- Material: Recyclinganteil und Recyclingfähigkeit, Abfallaufkommen
- Umlaufzahl: theoretische und tatsächliche in Tests
- Transportdistanz für Rückführung zur Wiederaufbereitung

Insgesamt kann im Vergleich mit Einweg-Versandverpackungen ein ökologischer Break-Even-Point bestimmt werden, in dem Sinne wie oft eine Mehrweglösung genutzt werden muss, um geringere oder vergleichbare ökologische Auswirkungen (meist CO<sub>2</sub>e-Emissionen) wie die entsprechende Anzahl an Einwegverpackungen zu haben. Hierbei müssen die genannten Aspekte zum Material, zur Umlaufzahl und zur Transportdistanz berücksichtigt werden. Gibt es etwa nur eine oder wenige zentrale Aufbereitungsstandorte, über die alle Rückläufe abgewickelt werden müssen, steigen die transportbedingten CO<sub>2</sub>e-Emissionen pro Umlauf der Mehrwegverpackung.

Die meisten Mehrweglösungen aus Kunststoff können theoretisch für 20-30 Umläufe verwendet werden, manche auch für bis zu 100. Es liegen noch nicht für alle Lösungen ausreichend Praxistests vor, aber wo sie vorliegen, konnten diese Umlaufanzahlen in den Praxistests erreicht oder übertroffen werden. Der ökologische Break-Even-Point liegt meist unter dieser maximal möglichen Anzahl

---

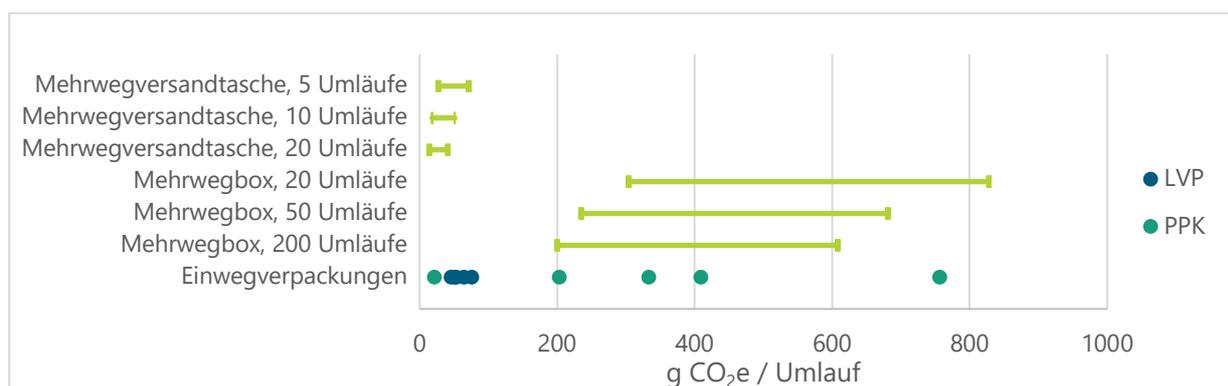
<sup>15</sup> Siehe [https://www.logistik-watchblog.de/neuheiten/2890-tausch-gebrauchten-versandmaterial-gls-re-use-box.html?utm\\_source=lwbweb&utm\\_medium=contentbox&utm\\_campaign=pages-per-session](https://www.logistik-watchblog.de/neuheiten/2890-tausch-gebrauchten-versandmaterial-gls-re-use-box.html?utm_source=lwbweb&utm_medium=contentbox&utm_campaign=pages-per-session)

an Umläufen. Beispielsweise werden für die flexible Mehrweglösung von RePack 20 Umläufe als möglich angegeben. In Praxistests konnten bereits höhere Umlaufzahlen beobachtet werden. Um bzgl. der verursachten CO<sub>2</sub>e-Emissionen gleichauf mit einem Einwegversandkarton zu sein, sind nur 1-2 Umläufe nötig (d. h. Verbrauch von 1-2 Einwegversandkartons als Alternative). Vergleicht man die Mehrweglösung mit einer LDPE-Versandtasche, sind 3-5 Umläufe der Mehrweglösung nötig, um in Summe geringere CO<sub>2</sub>e-Emissionen als die insgesamt benötigten 3-5 LDPE-Versandtaschen zu erzeugen (Zimmermann und Bliklen 2020; Zimmermann und Falkenstein 2021e). Für Hartverpackungen, wie z. B. der Memo Box (100 % recyceltes PP), sind hingegen 32 Umläufe und damit deutlich mehr notwendig, um die CO<sub>2</sub>e-Emissionen von Einwegversandkartons aufzuwiegen. In der Praxis werden aber sogar über 100 Umläufe pro Box erreicht (Zimmermann und Bliklen 2020). Für genauere Angaben zu weiteren Mehrweglösungen siehe Anhang A.1.2.

Abbildung 17 zeigt die CO<sub>2</sub>e-Emissionen von Mehrwegversandverpackungen basierend auf Zimmermann et al. (2021). Dabei werden sowohl die Emissionen für die Herstellung, als auch die rückführungsbedingten Emissionen einbezogen. Es wird angenommen, dass die Wiederaufbereitung an einem zentralen Ort in Deutschland erfolgt, so dass die Rückfuhrungsdistanz zum Ort der Aufbereitung 600-1.000 km beträgt. Daraus ergeben sich Bereiche, in denen die Emissionen liegen, dargestellt als Bereichslinien. Zum Vergleich sind auch die Emissionen für die Herstellung der Einwegverpackungen aus Abschnitt 2.2.3 (Abbildung 14) als Punkte eingezeichnet. Dies zeigt, dass zumindest Mehrwegversandtaschen schon nach einer geringen Anzahl von Umläufen gleichauf sind mit Einwegverpackungen. Bei Mehrwegboxen sind deutlich mehr Umläufe notwendig - hier haben insbesondere LVP-Einwegverpackungen oft niedrigere CO<sub>2</sub>e-Emissionen.

Ein weiterer Aspekt, der in diesem Zusammenhang zu beachten ist, betrifft die für die Rückführung notwendigen Transportkapazitäten. Werden Mehrwegversandverpackungen in großem Maßstab eingesetzt, kann aufgrund der Rückführung der leeren Verpackungen auch ein zusätzlicher Bedarf an Liefer-/Transportfahrzeugen entstehen. Die dadurch verursachten CO<sub>2</sub>e-Emissionen werden hier nicht berücksichtigt, es sind lediglich die direkten transportbedingten Emissionen inbegriffen.

**Abbildung 17: CO<sub>2</sub>e-Emissionen von Versandverpackungen: Mehrweg vs. Einweg**



Quellen: Zimmermann et al. (2021), Detzel et al. (2021)

Für die breitere Umsetzung von Mehrweglösungen bestehen derzeit einige Herausforderungen. Ein Hauptaspekt ist die Wirtschaftlichkeit der Mehrweg-Lösungen. Diese sind in ihrer Anschaffung meist kostenintensiver als Einweglösungen, insbesondere stellen die Kosten für den Rückversand ein Hindernis dar. Zudem können weitere Kosten auch durch notwendige Umstellungen im Logistikprozess und durch den zusätzlichen Aufwand für die Prüfung und Reinigung der zurückgesendeten Verpackungen entstehen (Zimmermann 2022; FEFCO 2022b).

Beim Umgang mit den zusätzlichen Kosten muss die Akzeptanz der Kund:innen berücksichtigt werden. In Tests und bisherigen Einsätzen werden die Mehrweglösungen überwiegend gut angenommen; der Versand erfolgt dabei aber meist ohne Zusatzkosten. Laut Umfragen unter Kund:innen von Onlinehändler:innen ist das Bewusstsein für nachhaltige Versandoptionen gegeben (IFH Köln 2021).<sup>16</sup> Allerdings ist oft eine Diskrepanz zwischen der Einstellung und dem Handeln zu beobachten (sogenannte Einstellungs-Verhaltens-Lücke)<sup>17</sup>. So werden Mehrwegversandoptionen zwar grundsätzlich befürwortet, die Bereitschaft höhere Versandkosten zu zahlen, ist aber meist eher gering. Dies bestätigen auch Umfragen, die begleitend zu Praxistests mit Mehrwegverpackungen im Projekt Praxpack<sup>18</sup> durchgeführt wurden. Hier variierten die zusätzlichen Kosten, die Kunden bereit waren zu tragen, zwischen 20 Cent und 5 €. Dahingegen wurde ein Pfand zwischen 2 und 5 € als akzeptabel eingestuft. (Zimmermann 2022).

Ein Pfandsystem wird für einen dauerhaften Einsatz von Mehrwegverpackungen als notwendig erachtet, um hohe Rückgabequoten sicherzustellen. Hierbei ist es einerseits wichtig, dass das Pfand ausreichend hoch ist, damit der Anreiz für die Rücksendung gegeben ist, andererseits ist es für die Akzeptanz der Kund:innen wichtig, dass es ein indirektes Pfand ist und erst erhoben wird, wenn die Mehrwegverpackung nach einer gewissen Frist nicht zurückgesendet wurde (Coelho et al. 2020).

Als ein Ansatz zur Kostenreduktion von Mehrweglösungen werden häufig Pooling-Lösungen genannt (Coelho et al. 2020; Zimmermann und Bliklen 2020; Zimmermann 2022). Sie können die Logistikprozesse vereinfachen und auch die Transportdistanzen für die Rückführung verringern, wodurch Treibhausgas-Emissionen eingespart werden können. Für ein umfassendes Pooling-System muss geklärt werden, in welchem Umfang auf ein Branding der Verpackung verzichtet werden kann und in welchem Umfang standardisierte Verpackungen von vielen Onlinehändler:innen eingesetzt werden können. Allerdings besteht hier eine wechselseitige negative Abhängigkeit: solange nur wenige Onlinehändler:innen Mehrwegversandverpackungen einsetzen, sind die Gesamtmen-gen zu gering, um ein kosteneffizientes Pooling-System aufzubauen. Auf der anderen Seite können die Kosten für die Umsetzung der Mehrweglösung ohne ein funktionierendes Pooling-System nur schwer reduziert werden.

Eine weitere Herausforderung stellt die praktische Umsetzung dar, die auch in den geführten Experteninterviews thematisiert wurde. Mehrweglösungen bringen einen zusätzlichen Aufwand mit sich, weil sie in die Logistik und das Bestellsystem integriert werden müssen. Ggf. sind zusätzliche Lagerflächen notwendig und Prozesse, falls die Rückgabeabwicklung vom Unternehmen selbst durchgeführt wird. Zudem müssen im IT-System die Abmessungen der Waren hinterlegt sein, damit im Bestellprozess automatisiert bestimmt werden kann, ob eine Bestellung für die Mehrwegverpackung geeignet ist, und den Kund:innen diese Option im Onlineshop entsprechend angezeigt werden kann (Pajula et al. 2022). Diese Informationen sind häufig noch nicht im System hinterlegt und der gesamte technische Aufwand für die Integration von Mehrweglösungen wird häufig unterschätzt.

Damit Mehrweglösungen ökologisch vorteilhaft gegenüber Einweglösungen sein können, ist eine hohe Rückgabequote erforderlich. Eine Rückgabequote von ca. 70 % bedeutet etwa durchschnittlich 3 Umläufe pro Verpackung. Für durchschnittlich 8 oder mehr Umläufe pro Verpackung müsste die Rückgabequote deutlich über 90 % liegen (Zimmermann und Bliklen 2020). Bei den betrachte-

---

<sup>16</sup> Siehe <https://www.mondigroup.com/en/newsroom/press-release/2021/silver-surfers-ride-the-online-shopping-wave-in-central-europe/>

<sup>17</sup> Detailliertere Informationen zur Einstellungs-Verhaltens-Lücke werden in Abschnitt 6.2.4 dieser Studie vorgestellt.

<sup>18</sup> Siehe <https://www.praxpack.de/>

ten Beispielversandverpackungen (für Detailinformationen siehe Anhang A.1.2) liegt die Rückgabequote - sofern Daten hierzu verfügbar sind - zwischen 75 % und 99 %. Es gibt also bereits umgesetzte Lösungen, bei denen eine hohe Rückgabequote realisiert werden konnte.

Auch das Abfallaufkommen durch Mehrwegverpackungen muss berücksichtigt werden. Problematisch kann hierbei laut geführten Experteninterviews insbesondere sein, dass die Verpackungen ggf. nicht für die dualen Systeme geeignet sind. Sofern in diesem Fall keine eigene Kooperation mit Entsorgungsunternehmen für das Recycling besteht, werden diese Verpackungen endgültig entsorgt (in Deutschland i. d. R. verbrannt) und die Materialien gehen dem Kreislauf verloren. Zudem entfallen bestehende Ansätze zur Leerraumreduktion (Größen- und Volumenflexibilität bei PPK-Verpackungen, Anpassung der Kartonhöhe im Verpackungsprozess), wenn Mehrweg-Hartverpackungen eingesetzt werden.

## 2.3 Ansatzpunkte für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit

Basierend auf den Erkenntnissen aus Abschnitt 2.2 werden im Folgenden die wichtigsten Ansatzpunkte zur Reduktion der Umweltauswirkungen von Versandverpackungen insbesondere zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen - geordnet nach der antizipierten Stärke der von der Maßnahme ausgehenden Wirkung - zusammengefasst.

### 2.3.1 Reduktion des Verpackungsverbrauchs

Der größte ökologische Nutzen kann dadurch erreicht werden, nicht notwendige Verpackungen komplett zu vermeiden. Das ist insbesondere dadurch möglich, dass auf zusätzliche Versandverpackungen verzichtet wird, wenn Einzelsendungen gebündelt werden oder ein Versand in der Produktverpackung möglich ist. Die **Bündelung von Bestellungen** ist auch bei Kund:innen eine akzeptierte Option. Laut einer Umfrage der IFH Köln (2021) entscheiden sich 71 % der Kund:innen bei Mehrpositionenbestellungen für eine langsamere, gebündelte Lieferung statt mehrerer einzelner, schnellerer Lieferungen. Die Bündelung kann auch übergreifender eine Option sein, falls eine Omnichannel-Lösung angeboten wird. Die Bestellung erfolgt hierbei online, aber die Lieferung erfolgt an den Einzelhandel, wo Kund:innen ihre Waren dann abholen. Dadurch können mehrere Lieferungen zusammengefasst werden und es entsteht weniger Verpackungsaufwand (Collini et al. 2022).

Der **Versand in der Produktverpackung (also ohne zusätzliche Versandverpackung)** ist bislang nur ein Randthema, nimmt aber an Bedeutung zu und kann einen relevanten Hebel zur Abfallreduktion bieten. Versandverpackungen müssen für unterschiedliche Warengruppen unterschiedliche Anforderungen erfüllen: Retourenfähigkeit (insbesondere im Bereich Fashion), Diebstahlschutz (für Artikel mit hohem Warenwert, z. B. Smartphone) oder die Wahrung der Privatsphäre (Umverpackung, die nicht auf den Inhalt schließen lässt). Laut Zimmermann et al. (2021) sind aber vor allem bei den Warengruppen Drogeriewaren, Heimtierfutter/-bedarf, Bürobedarf, Haushalt, Garten, Heimwerker-/Baubedarf die Anforderungen meist gering und es wäre prinzipiell häufiger der Versand in der Produktverpackung möglich (Zimmermann et al. 2021). Verantwortlich für eine Umsetzung wären hier in erster Linie die Hersteller geeigneter Produkte selbst. Der Handel könnte aber die Zusammenarbeit mit den Herstellern noch stärker suchen und versuchen auf eine sogenannte „Ship in own container“-Lösung hinzuwirken.

Über alle Warengruppen hinweg könnten dadurch **150-200 Kilotonnen (kt) Versandverpackungen aus Wellpappe eingespart werden**, was ein **Einsparpotenzial von insgesamt 18-24 % des Verpackungsaufkommens im Onlinehandel** bedeute (Bezugsjahr 2018). Wenn die Produktverpackung als Versandverpackung verwendet werden soll, können Anpassungen an der Produktverpackung nötig werden, die aber durch den Wegfall einer zusätzlichen Versandverpackung kompensiert werden. Durch die wachsende Bedeutung des Onlinehandels (siehe Abschnitt 2.1) kann auch

der Onlinehandel selbst, etwa durch geeignete Vertreter, auf die Produzenten Einfluss nehmen. Es könnte darauf hingewirkt werden, dass Produktverpackungen (ggf. unabhängig vom Vertriebsweg) widerstandsfähiger gestaltet werden, so dass prinzipiell auf eine zusätzliche Verpackung im Falle des Versandes als Vertriebsweg verzichtet werden kann. In letzter Konsequenz würde das bedeuten, dass sämtliche Produkte, die sowohl über Onlinehandel als auch Einzelhandel vertrieben werden, in einer dickeren bzw. verstärkten Produktverpackung verpackt werden müssten, was einen höheren Materialbedarf für Produktverpackung gegenüber dem aktuellen Status darstellen würde.

Die Kund:innenakzeptanz zum Versand in der Produktverpackung wird derzeit unterschiedlich eingeschätzt, teilweise kann eine höhere Retourenquote beobachtet werden (z. B. werden Waren un- ausgepackt zurückgeschickt, weil die Produktverpackung beschädigt ist) und auch die Themen Diebstahlschutz und Schutz der Privatsphäre werden - laut den Experteninterviews - als zu berücksichtigende mögliche Hemmnisse gesehen.

Der Verpackungs- bzw. Materialverbrauch kann auch durch **passgenauere Verpackungen** reduziert werden. Dadurch kann auch der Bedarf an Nebenpackmitteln (Füllmaterialien) verringert werden. Nach Analysen von Forbes insights (2018) liegt der durchschnittliche Leerraumanteil pro Paket zwischen 18 % (für Kleidung) und 64 % (für Glaswaren). Wie auch in den geführten Experteninterviews deutlich wurde, gab es hier in den vergangenen Jahren schon große Verbesserungen, das Leervolumen wurde reduziert und die Passgenauigkeit von Versandverpackungen erhöht (Burger et al. 2022; Burger et al. 2021; Escursell et al. 2021).

Einerseits können mehr verschiedene Verpackungsgrößen eingesetzt werden, um Passgenauigkeit zu erreichen und dadurch den Materialverbrauch zu verringern. Diese Verpackungsoptimierungen betreffen aber hauptsächlich die größeren Marktakteure, für kleinere Onlinehändler:innen sind sie schwieriger umzusetzen (Zimmermann et al. 2021). Andererseits können Kartonagen auch im Verpackungsprozess noch genauer an das verpackte Produkt angepasst werden, zum Beispiel indem die Höhe durch Schneiden und Einfalten verringert wird (automatisiert möglich) oder durch innovative Verpackungsanlagen, die Versandverpackungen nach individuellen Abmessungen produzieren. Aufgrund der Investitionen in neue Maschinen ist dies aber vermutlich nur für größere Versender mit entsprechendem Sendungsaufkommen wirtschaftlich sinnvoll umsetzbar (BIEK 2019a). Laut Zimmermann et al. (2021) könnten **durch passgenauere Versandkartonagen 7-53 kt des Verpackungsaufkommens eingespart werden**, was einen Anteil von **bis zu 6,5 % des Verpackungsaufkommens** ausmacht (Bezugsjahr 2018).

Konkrete Handlungsempfehlung zur Verringerung des Verpackungsaufkommens sind somit (im Rahmen der Möglichkeiten) der Verzicht auf zusätzliche Versandverpackungen durch das Bündeln von Einzelsendungen und den Versand in der Produktverpackung sowie die Verwendung passgenauerer Versandkartonagen.

Insbesondere die Verringerung von Leerraum für Um- und Transportverpackungen und Versandverpackungen im Onlinehandel wird auch im Entwurf zur EU-Verpackungsverordnung genannt (Artikel 21: Beschränkung auf max. 40% im Verhältnis zum Produkt). Für Produkte, die in der Produktverpackung versendet werden, entfällt diese Vorgabe (European Commission 30.11.2022).

Bei einem konsequenten Verzicht auf zusätzliche Versandverpackungen müsste jedoch auch beachtet werden, dass eine Bündelung mehrerer kleinerer Produkte in einer Versandverpackung dann eigentlich nicht mehr vorgesehen wäre, da alle Produkte einzeln in ihrer Produktverpackung verschickt würden.

### 2.3.2 Optimierung bezüglich der Materialauswahl

Sowohl bei Einweg- als auch bei Mehrwegversandverpackungen kann ein **hoher Anteil an Recyclingmaterial** bzw. Sekundärmaterial die Umweltauswirkungen stark verringern (Zimmermann und Bliklen 2020; Wiesemann et al. 2022).

Wie in Abschnitt 2.2.2 dargestellt, sind PPK-Versandverpackungsprodukte verfügbar, die sowohl einen hohen Altpapieranteil haben als auch gut recycelbar sind. Der Altpapieranteil in diesen Produkten kann allerdings nicht weiter erhöht werden (als Ersatz für Frischfasern), wenn die technischen Eigenschaften der Verpackung erhalten bleiben sollen (Zimmermann et al. 2021). Bei LVP-Versandverpackungen hingegen ist nicht bekannt, in welchem Umfang Kunststoffrezyklate derzeit eingesetzt werden. Für Kunststoffverpackungen im Allgemeinen lag der Rezyklatanteil im Jahr 2019 bei ca. 11 %. Auch die Recyclingquote ist wesentlich geringer als bei PPK-Verpackungen (siehe Abschnitt 2.2.2). Nach Zimmermann et al. (2021) könnte der Rezyklatanteil allerdings noch deutlich gesteigert werden. Bei LVP-Versandverpackungen im Bereich des Onlinehandels könnten ca. **20 kt Primärkunststoff durch Kunststoffrezyklate ersetzt werden**, einerseits für Kunststoffbeutel (ca. 5 kt), andererseits auch für Nebenpackmittel wie Klebebänder, Umreifungen (ca. 9 kt) und Polstermittel (ca. 5 kt) (Bezugsjahr 2018).

Für PPK-Produkte gibt es außerdem einige **Umweltkennzeichen** bzw. Label, die auch für Versandverpackungen eine Orientierung bieten können (IPR 2019). Das wohl bekannteste Label ist "FSC" (Forest Stewardship Council). Es kennzeichnet PPK-Produkte aus Frischfasern, bei dem das verwendete Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft stammt. Dabei handelt es sich i. d. R. um "FSC Mix", für das das Holz nicht vollständig aus zertifizierter Forstwirtschaft stammen muss. Als nachhaltiger einzustufen ist Papier, das vollständig aus recyceltem Altpapier stammt, wie es etwa das Label "Der Blaue Engel" kennzeichnet, der auch für Versandtaschen und -kartons vergeben wird. Auch die Anforderungen des "FSC Recycling"-Siegels und des PEFC-Siegels sind geringer. Eine Übersicht der genaueren Eigenschaften dieser Label ist in Anhang A.1.3 zu finden.

Bei PPK-Versandverpackungen können außerdem auch die Entwicklungen zur **Materialeffizienz** das Abfallaufkommen reduzieren. In den vergangenen Jahren wurden die Flächengewichte bei Versandkartons aus Wellpappe verringert (von über 400 g/m<sup>2</sup> auf 350-400 g/m<sup>2</sup>) und auch der Anteil von zweiwelligen Wellpappen ist gesunken. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Entwicklungen noch andauern und dadurch **18-34 kt Verpackungsabfall pro Jahr eingespart werden kann, was ca. 2-4 % des Verpackungsaufkommens entspricht** (Bezugsjahr 2018) (Zimmermann et al. 2021).

Allerdings sind Entwicklungen zur Materialeffizienz nicht in allen Fällen ökologisch vorteilhaft. Denn eine Gewichtsreduktion bei einer Verpackung bedeutet oft, dass neue Materialien eingesetzt werden, oft auch als Kombination mehrere dünner Schichten unterschiedlicher Materialien. Das kann die Recyclingfähigkeit beeinträchtigen, so dass ein **Zielkonflikt zwischen Materialeinsparungen** einerseits **und Recyclingfähigkeit** andererseits entsteht (Wiesemann et al. 2022; Klepper 2021). So kann z. B. durch den Einsatz von Versandtaschen mit verklebter Luftpolsterfolie (Verbundmaterial) zwar eine schwerere Verpackung (etwa aus Wellpappe oder Vollpappe) eingespart werden, aber das Verbundmaterial der Versandtasche ist schlechter recyclingfähig (GVM 2022a; GS1 2020). Bei der Entscheidung, welche Variante bevorzugt werden sollte, kann die CO<sub>2</sub>-Bilanz über den gesamten Lebenszyklus des Produkts (d. h. Herstellung und vorgelagerte Prozesse, Nutzungsphase, Entsorgung) einbezogen werden.

Kunststoffverpackungen werden heute als weniger nachhaltig wahrgenommen als PPK-Verpackungen (siehe Abschnitt 2.2.1). Dennoch muss erwähnt werden, dass Kunststoff-Versandverpackungen eine deutlich höhere Materialeffizienz als Kartonagen haben. Aufgrund ihres geringeren Gewichts erzeugen sie deutlich weniger Abfall als PPK-Verpackungen. Allerdings sind PPK-Verpackungen

besser recycelbar als Kunststoff-Verpackungen, so dass die Auswirkungen auf das Abfallaufkommen für PPK durch die höhere Recyclingquote zum Teil kompensiert werden (Zimmermann et al. 2021). Aber auch die Angaben zu CO<sub>2</sub>e-Emissionen und Wasserbedarf von verschiedenen Verpackungsvarianten in Abschnitt 2.2.3 zeigen, dass LVP-Verpackungen nicht zwangsweise schlechter abschneiden als PPK-Verpackungen. Für eine umfänglichere Beurteilung beider Verpackungsvarianten wäre eine genauere ökobilanzielle Untersuchung notwendig. Ein Aspekt, der nicht in Ökobilanzen enthalten ist, ist der Verbleib von Plastikmüll in der Umwelt und damit einhergehende Probleme wie Mikroplastik. Dies sollte bei der Abwägung verschiedener Optionen ebenfalls mit einbezogen werden.

Auch biobasierte und biologisch abbaubare Kunststoffe<sup>19</sup> werden als Alternative zu herkömmlichen Kunststoffen diskutiert, bei Versandverpackung ist dies, laut den Experteninterviews, aber derzeit eher als Randentwicklung einzustufen. Bislang bieten diese Kunststoff-Alternativen keinen ökologischen Vorteil gegenüber herkömmlichen Kunststoffen, die Umweltauswirkungen können sich aber in andere Bereiche verlagern. Biobasierte Kunststoffe konkurrieren i. d. R. mit der Nahrungsmittelproduktion um Flächen für den Anbau und tragen mehr zur Versauerung der Meere bei (Löw et al. 2021). Für biologisch abbaubare Kunststoffe ist einerseits der Entsorgungsweg problematisch: Sie können in Deutschland derzeit weder über die Biotonne<sup>20</sup> noch über den gelben Sack<sup>21</sup> entsorgt werden, sondern nur thermisch verwertet werden, d. h. sie werden verbrannt und gehen dem Materialkreislauf verloren. Das mehrmalige Nutzen eines Rohstoffs durch Recycling bietet aber im Allgemeinen ökologische Vorteile (Wiesemann et al. 2022). Andererseits können biologisch abbaubare Kunststoffe den Eindruck vermitteln, dass sie in der Umwelt vollständig abgebaut werden können und dadurch das Problem des "Litterings", d. h. des achtlosen Wegwerfens von Abfällen im öffentlichen Raum und der Natur, noch verstärken (Löw et al. 2021; GS1 2020).

Detailliertere Angaben zur Abwägung beim Einsatz verschiedener Materialien und der Gestaltung von Verpackungen sind z. B. in GS1 (2020) oder Wiesemann et al. (2022) zusammengefasst. So sollten etwa bei Kunststoffen recyclingfähige Materialkombinationen, idealerweise Monomaterialien, ausgewählt werden und PPK-Produkte sollten möglichst keine Beschichtungen haben, insbesondere keine beidseitigen Kunststoffbeschichtungen, da dies den Recyclingprozess beeinträchtigt. Auch die Entfernung von Farb-Pigmenten und Druckfarben kann eine Herausforderung für den Recyclingprozess sein.

Um Nachhaltigkeit von Verpackungen, insbesondere ihrer Recyclingfähigkeit zu verbessern, wären Kooperationen zwischen Onlinehändler:innen und Abfallentsorgungsunternehmen eine Möglichkeit. Dies bietet einen Ansatzpunkt, um sicherzugehen, dass die eingesetzten Versandverpackungen recycelbar sind. Ein Beispiel ist Amazon's Packaging Support and Supplier Network (APASS) Program, welches Verpackungsunternehmen mit Verkäufern und Herstellern vernetzt (Collini et al. 2022).

Konkrete Handlungsempfehlungen bzgl. des Verpackungsmaterials sind die Verwendung von recyclingfähigen Materialkombinationen, idealerweise Monomaterialien und mit einem hohen Anteil an Recyclingmaterial. Es sind PPK-Versandverpackungsprodukte verfügbar, die sowohl einen hohen Altpapieranteil haben als auch gut recycelbar sind. Der Altpapieranteil in diesen Produkten kann

---

<sup>19</sup> Biokunststoffe können biobasiert, d. h. teilweise oder vollständig aus Biomasse hergestellt, und/oder biologisch abbaubar sein. Biologisch abbaubare Kunststoffe können biobasiert sein, aber auch aus fossilen Rohstoffen hergestellt werden.

<sup>20</sup> Kunststoffe dürfen als biologisch abbaubar bezeichnet werden, wenn sie nach 12 Wochen zu 90 % zerfallen sind. Die Verweildauer in Kompostieranlagen in Deutschland ist aber deutlich kürzer als 12 Wochen, sie können dort also nicht hinreichend abgebaut werden (Löw et al. 2021).

<sup>21</sup> Biologisch abbaubare Kunststoffe behindern die Recyclingprozesse herkömmlicher Kunststoffe und müssen als Störstoffe aussortiert werden.

nicht weiter erhöht werden, wenn die technischen Eigenschaften der Verpackung erhalten bleiben sollen. Nach Zimmermann et al. (2021) kann der Rezyklatanteil bei Kunststoffverpackungen jedoch noch deutlich erhöht werden. Ziel sollte auch hier eine Kreislaufschließung sein. Auch eine Gewichtsreduktion der Verpackungen ist von Vorteil, wobei hier auf Wechselwirkungen mit der Recyclingfähigkeit geachtet werden muss. Es kann keine allgemeine Empfehlung zwischen PPK und LVP ausgesprochen werden, hier muss im einzelnen Anwendungsfall abgewogen werden. Zu berücksichtigen sind hierbei insbesondere die Recyclingfähigkeit, der Anteil des Recyclingmaterials, das Abfallaufkommen und die CO<sub>2</sub>-Emissionen für den gesamten Lebenszyklus.

### 2.3.3 Einsatz von Mehrwegversandverpackungen

Im Entwurf der EU-Verpackungsverordnung (European Commission 30.11.2022) befinden sich Vorschläge für mögliche staatliche Vorgaben hinsichtlich einer festen, ggf. jährlich wachsenden Quote, die durch den Einsatz von Mehrwegversandverpackungen zu erzielen wäre. Mehrwegverpackungen haben in der Regel höhere Anforderungen an die Langlebigkeit als Einwegverpackungen und dadurch einen höheren Materialbedarf. Auch der zusätzliche Transportaufwand für die Rückführung und Aufbereitung hat negative Umweltauswirkungen. Dennoch können sie unter bestimmten Voraussetzungen einen ökologischen Vorteil gegenüber Einwegverpackungen bieten. Insbesondere die Umlaufzahl beeinflusst dabei, ob sie ein geringeres Abfallaufkommen und geringere CO<sub>2</sub>e-Emissionen verursachen als alternative Einwegverpackungen.

Betrachtet man beispielsweise den Versand einer kleinvolumigen Bestellung von Textilien, so wäre eine typische Einwegversandverpackung etwa ein Kunststoff-Versandbeutel (PP oder LDPE) mit einem Gewicht zwischen 20g und 36g (siehe Abschnitt 2.2.3) oder eine Faltschachtel mit einem Gewicht von 87g (Zimmermann et al. 2021) (Nebenpackmittel werden hierbei nicht berücksichtigt). Als Mehrwegalternative könnte eine kleine Mehrweg-Versandtasche (PP) verwendet werden, z. B. mit einem Gewicht von 80g in Anlehnung an ein RePack der Größe S.<sup>22</sup> Bereits nach 3-4 Umläufen wäre das Abfallaufkommen der Mehrweglösung und der Kunststoff-Einweglösungen vergleichbar, siehe Abbildung 18. In der Abbildung wird gezeigt, welches Abfallaufkommen nach unterschiedlichen Umlaufzahlen durch eine Mehrweglösung (Wiederverwendung) und durch Einweglösungen (je Umlauf eine Einweg-Verpackung) entsteht. Auch bei größeren Sendungen kann nach wenigen Umläufen das Abfallaufkommen durch den Einsatz von Mehrwegversandverpackungen reduziert werden, siehe Anhang A.1.4.

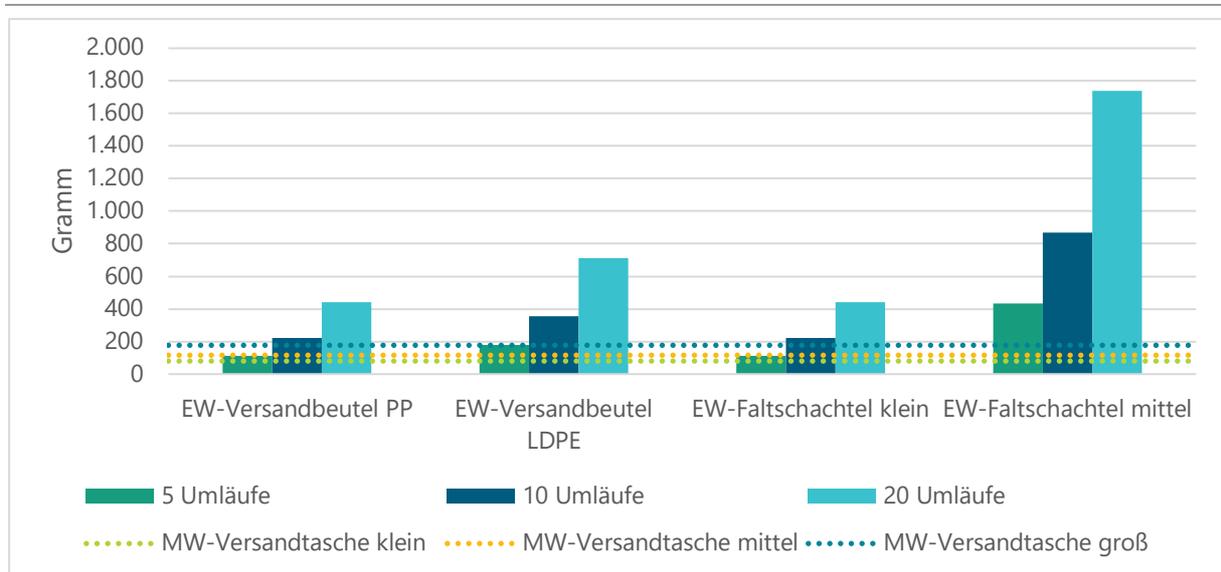
Nach Schätzung von Zimmermann et al. (2021) könnten **ca. 9 kt Kunststoffabfall eingespart werden, wenn alle Waren, die in Kunststoff-Einwegbeuteln versendet werden, stattdessen in Mehrweg-Beuteln versendet werden** (Bezugsjahr 2018). Aber auch bei Sendungen in PPK-Verpackungen besteht ein Einsparpotenzial, so dass das gesamte Abfalleinsparpotenzial durch Mehrwegsysteme deutlich größer einzuschätzen ist. Nach Schätzung von Zimmermann et al. (2021) könnte die Abfallbelastung insgesamt durch den Einsatz von Mehrwegversandtaschen (bei 20 Umläufen) um 60-98 % gesenkt werden und durch den Einsatz von Mehrwegversandboxen (bei 100 Umläufen) um 30-98 %.

Ebenso wie bei Einwegversandverpackungen sollte auch bei Mehrweglösungen recyceltes Material eingesetzt werden. Das beeinflusst auch den ökologischen Break-even-Point und es sind weniger Umläufe notwendig, um ökologisch vorteilhaft gegenüber Einweglösungen zu sein. Dadurch werden Mehrweglösungen auch realistischer für den Praxiseinsatz. Neben der Materialauswahl kann auch die Gewichtsreduktion ein wichtiger Hebel zur Verringerung der Umweltauswirkungen sein. Nach Zimmermann und Bliklen (2020) sind für Mehrwegversandverpackungen die Auslastung bei

<sup>22</sup> Siehe [https://www.originalrepack.com/files/Package\\_Presentation\\_S+M+L.pdf](https://www.originalrepack.com/files/Package_Presentation_S+M+L.pdf)

Transportprozessen und die Transportdistanzen zwar auch wichtige Ansatzpunkte zur Reduktion der Umweltauswirkungen, aber weniger entscheidend als die Materialauswahl.

**Abbildung 18: Abfallaufkommen von Versandverpackungen: Mehrweg (MW) vs. Einweg (EW)**



Quellen: Zimmermann et al. (2021), Detzel et al. (2021), RePack<sup>22</sup>

Der Einsatz von Mehrwegversandverpackungen kann aus Sicht der ökologischen Nachhaltigkeit dann empfohlen werden, wenn eine ausreichende Umlaufzahl gewährleistet wird und die Rückführungsdistanz nicht zu hoch ist. Ebenso wie bei Einweg-Versandverpackungen ist es auch hier empfehlenswert, dass der Anteil an Recyclingmaterial möglichst hoch ist und dass die Verpackungen selbst wiederum recycelbar sind.

### 2.3.4 Transparenz und Information gegenüber Konsument:innen

Verschiedene Umfragen unter Konsument:innen zeigen, dass das Nachhaltigkeitsbewusstsein zunimmt und auch die Nachhaltigkeit der Verpackungen eine wichtige Rolle spielt. So ist für 50 % bis 90 % der Konsument:innen die Wiederverwendbarkeit der Verpackung ein wichtiger Aspekt von nachhaltiger Verpackung, neben Recyclingfähigkeit und der Nutzung von recyceltem Material (Kantar Public 2021; Zimmermann 2021). Umweltverträgliche Verpackungen sind ein wichtiger Aspekt für Verbraucher:innen, aber nicht entscheidend für das Bestellverhalten: Laut der Umfrage unter Online-Shoppern von Kantar Public (2021) ist es bei der Wahl des Onlineshops für mehr als die Hälfte der Befragten nicht ausschlaggebend, ob umweltverträgliche Verpackungen genutzt werden. Dennoch können positive Auswirkungen auf das Image eines Onlinehändlers beobachtet werden, wenn umweltverträgliche Verpackungen angeboten werden. Zudem wünschen sich ca. 50 % der Kund:innen detailliertere Informationen zur Verpackung, insbesondere dazu, ob sie recyclingfähig ist und ob sie aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt wird.

Mehrwegversandverpackungen werden zwar als nachhaltig eingestuft, aber laut einer Umfrage der IFH Köln GmbH (Weinand et al. 2021) scheuen über zwei Drittel der Konsument:innen den Mehraufwand, der damit verbunden ist. Je unkomplizierter die Rückgabe ist, desto besser: 67 % der Konsument:innen wären bereit, die Verpackung dem Zusteller bei der nächsten Lieferung zurückzugeben, die Verpackungen zu Sammelpunkten zu bringen wäre für 53 % in Ordnung, aber nur 40 % wären bereit, die Verpackungen per Post zurückzuschicken.

Damit Mehrweglösungen erfolgreich umgesetzt werden können, muss die Akzeptanz und insbesondere die Rückgabequote hoch sein. Deshalb muss die **Rückgabe-Abwicklung möglichst einfach** gestaltet werden. Es sollten möglichst viele Abgabestellen zur Verfügung stehen (Paketshop, Briefkasten, Packstation, ...), idealerweise auch anbieterübergreifend. Zudem wäre es auch denkbar, Einrichtungen der Nahversorgung und den stationären Handel (z. B. Supermärkte, Drogerien etc.) als Abgabestellen einzubeziehen. Für eine möglichst einfache Rückgabe ist auch die Kundenkommunikation wichtig. So könnte etwa in der Bestellbestätigungsmail, auf dem Lieferschein oder evtl. auch schon im Onlineshop eine Liste mit möglichen Abgabestellen in der Nähe der Lieferadresse eingebunden werden (ggf. als Link). In Tests (Zimmermann 2022) hat sich außerdem gezeigt, dass sich signifikant mehr Kund:innen für eine Mehrweg-Versandoption (auch bei Zusatzkosten) entscheiden, wenn sich bei der Auswahl der Versandoption im Bestellprozess ein Pop-Up-Fenster öffnet, als wenn sie ein Auswahlkästchen anklicken müssen.

Existieren viele verschiedene Mehrwegsysteme, die unterschiedlich funktionieren (Öffnungsweise, Rückgabewege), wird es für die Konsument:innen schnell unübersichtlich. Besser wären einige wenige, standardisierte Lösungen, wodurch auch die Prozesse in den Logistikzentren vereinfacht würden. Hierfür können Pooling-Lösungen einen Ansatzpunkt liefern.

Ein wichtiger Hebel ist auch die **Kommunikation der ökologischen Vorteile der Verpackungen**, damit Konsument:innen eine fundierte Entscheidung treffen können. Zu diesem Zweck bieten sich allgemeine Informationskampagnen an, etwa zu den Themen Mehrweg/Einweg, Kunststoff/PPK, Versand in der Produktverpackung, Bündelung von Sendungen oder auch allgemein zur richtigen Mülltrennung. Der Entwurf zur EU-Verpackungsverordnung (European Commission 30.11.2022) macht bereits Vorgaben zur Kennzeichnung bzgl. Materialzusammensetzung und Entsorgung von Verpackungen. Auch bei der Auswahl der Versandverpackung im Bestellprozess könnte auf die ökologischen Auswirkungen verschiedener Verpackungslösungen hingewiesen werden, etwa mit weiterführenden Links zu diesen Themen. Insbesondere bei Mehrwegverpackungen bietet es sich außerdem an, die Verpackungen mit IDs zu versehen, so dass für jede Verpackung die Anzahl der Umläufe verfolgt werden kann. Könnten diese Informationen auch den Kund:innen zugänglich gemacht werden (z. B. wenn die ID scanbar ist oder auf der Anbieterwebseite eingegeben werden kann), würden die Auswirkungen der Verpackungen noch transparenter. Wichtig ist es hierbei auch Informationen zum Kontext zur Verfügung zu stellen, wie viele Umläufe notwendig sind, damit die Mehrwegverpackung nachhaltiger ist als eine Einweg-Alternative.

Die ökologischen Auswirkungen der verwendeten Verpackungen sollten - wie von Konsument:innen gewünscht - deutlicher kommuniziert werden. Zudem sollten - sofern rechtlich möglich - die Voreinstellungen in Onlineshops bzgl. der Verpackungsmittelwahl (sofern Konsument:innen eine Auswahl treffen können) die ökologisch vorteilhafteren sein (etwa Versand ohne Produktverpackung). Um die Akzeptanz von Mehrweglösungen zu vergrößern, sollte die Rückgabe möglichst einfach mit vielen verschiedenen Annahmestellen gestaltet werden. Die ökologischen Vorteile gegenüber Einwegverpackungen sollten deutlich kommuniziert werden, z. B. mittels einer Verpackungs-ID, anhand der die bisher erreichte Anzahl von Umläufen eingesehen werden kann und weiterführende Informationen zur ökologischen Nachhaltigkeit verfügbar gemacht werden.

## 2.4 Zwischenfazit

Die ökologischen Auswirkungen, die ein verpacktes und versendetes Produkt durch dessen Herstellung verursacht, sind im Allgemeinen deutlich größer als die ökologischen Auswirkungen der Versandverpackung (Pitschke et al. 2021). Deshalb steht aus umweltbezogener Sicht der Schutz des Produktes durch eine geeignete Versandverpackung an erster Stelle.

Dennoch ist es wichtig, die ökologischen Auswirkungen von Versandverpackungen zu minimieren, auch vor dem Hintergrund des zunehmenden Onlinehandels und dem dadurch steigenden Verpackungsaufkommen. Insbesondere das Abfallaufkommen und die Treibhausgas-Emissionen sind hierbei wichtige Ansatzpunkte. Beim Vergleich von Verpackungen aus Kunststoff und Papier bzw. Pappe muss dabei auch die Herkunft der CO<sub>2</sub>-Emissionen beachtet werden. Bei der endgültigen Entsorgung (d. h. der Verbrennung) von Verpackungen aus Papier und Pappe wird biogenes CO<sub>2</sub> freigesetzt, d. h. dieses CO<sub>2</sub> wurde zuvor durch das Wachstum der Bäume aus der Atmosphäre entnommen. Bei der endgültigen Entsorgung von Kunststoff-Verpackungen wird hingegen - Stand heute - fossiles CO<sub>2</sub> freigesetzt, welches als problematischer eingestuft werden muss.

Ein zentraler Ansatzpunkt, um das Abfallaufkommen durch Versandverpackungen zu reduzieren, sind Materialeinsparungen durch Verpackungsoptimierung oder der Verzicht auf zusätzliche Versandverpackungen. Nach Zimmermann et al. (2021) hat insbesondere der Verzicht auf zusätzliche Versandverpackungen das größte Potenzial bezüglich der Einsparung von Treibhausgas-Emissionen.

Der Einsatz von Mehrwegversandverpackungen hat das zweitgrößte ökologische Potenzial, sofern eine ausreichende Umlaufzahl erreicht wird. Hierfür ist die Akzeptanz der Kund:innen von großer Bedeutung. Sie müssen bereit sein, den Mehraufwand zu leisten, der vor allem durch den Rückgabeprozess der Mehrwegversandverpackung entsteht.

Auch die Auswahl des Materials der Versandverpackung - sowohl bei Einweg- als auch bei Mehrwegverpackungen - hat einen großen Einfluss auf die Umweltwirkungen, es sollte recycelbar sein und einen hohen Recyclinganteil haben. Die Kundenkommunikation und Transparenz bzgl. ökologischer Auswirkungen der Verpackungen sind ebenso wichtige Aspekte, v. a. bei "neuen" Versandlösungen wie Mehrwegverpackungen.

## 3 Digitale Infrastruktur

---

### 3.1 Ziele und Vorgehensweise

Die digitale Infrastruktur ist eine Hauptvoraussetzung für E-Commerce-Unternehmen und Onlinehandel. Auf jeder Stufe der Wertschöpfungskette ist ein digitales Engagement erforderlich, um angeforderte Produkte oder Dienstleistungen auf einer digitalen Plattform bereitzustellen. Gleichzeitig benötigt jeder dieser Schritte Energie in der Datenerfassung, -übertragung und -verarbeitung, und bietet somit möglicherweise auch das Potenzial für mögliche Energieeinsparungen.

Ziel dieses Kapitels ist es daher, den Energiebedarf - und basierend hierauf die CO<sub>2</sub>-Emissionen - zu ermitteln, welche durch die Datenverarbeitungskette des Onlinehandels hervorgerufen werden. Hierfür wird die Datenverarbeitungskette in der gesamten Onlinehandel-Wertschöpfungskette betrachtet und entlang dieser mögliche Einsparoptionen identifiziert. Zur besseren Übersichtlichkeit soll hierbei zwischen drei Bereichen unterschieden werden:

- a) Energieverbräuche und Emissionen auf Seiten der Endkund:innen
- b) Energieverbräuche und Emissionen auf Seiten der Händler:innen
- c) Sonstige Energieverbräuche und Emissionen (Datenübertragung und Datenspeicherung in Rechenzentren)

Innerhalb dieser drei Bereiche soll die Datenverfügbarkeit für die verschiedenen Stufen des digitalen Engagements überprüft werden und basierend hierauf in einem bottom-up-Verfahren mögliche Energieverbrauchsfenster für verschiedene Nutzungsszenarien ermittelt werden. Dies erlaubt somit die Identifikation möglicher Stellhebel für Energieeinsparungen sowie deren potenzieller Wirkmächtigkeit. Im Anschluss an diese separierte Betrachtung sollen die drei Bereiche aggregiert und auf übergreifende Verbesserungspotenziale hin untersucht werden.

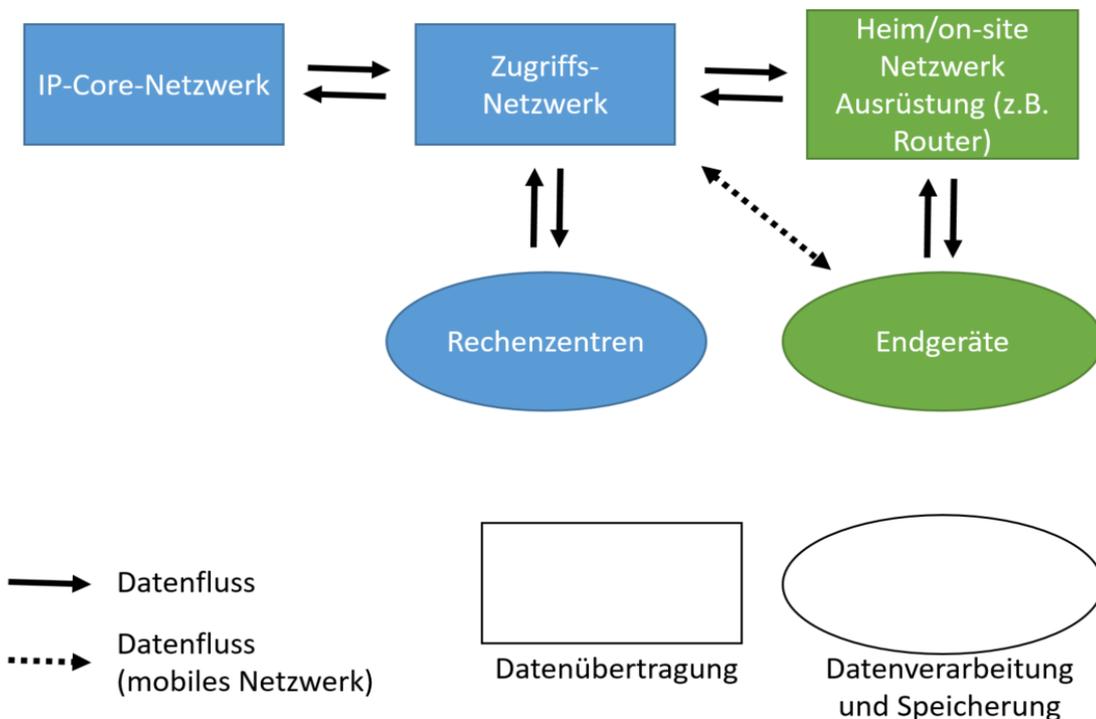
### 3.2 Validierung des Wissensstandes und Generierung neuer Erkenntnisse

#### 3.2.1 Aufbereitung des Wissensstandes

Im Folgenden soll zuerst der aktuelle Wissensstand zum Energiebedarf relevanter digitaler Infrastrukturen für den Onlinehandel, gegliedert nach den drei oben genannten Unterkategorien, dargestellt werden. So soll ermittelt werden, welche digitale Infrastruktur beim End-to-End-Übergang zwischen Online-Händler:innen und Endkund:innen in welchem Schritt der Onlinehandel-Wertschöpfungskette benötigt wird sowie die jeweiligen Energiebedarfe selbiger erfasst werden. Hierfür wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt, wobei unter anderem Nachhaltigkeitsberichte von Unternehmen, Publikationen von Verbänden sowie wissenschaftliche Publikationen und Projektberichte aber auch Datenbanken berücksichtigt wurden.

Im ersten Schritt soll der Begriff der digitalen Infrastruktur näher beleuchtet werden (siehe Abbildung 19).

**Abbildung 19: Vereinfachte schematische Darstellung der digitalen Infrastruktur**



Quelle: Eigene Darstellung, adaptiert nach (Aslan et al. 2018).

Die digitale Infrastruktur umfasst neben den Endgeräten, von denen die Käufe bzw. Verkäufe ausgetätigt werden (Computer, Bildschirme, Tablets oder Handys) auch die Geräte, die zur Internetbereitstellung sowie Datenspeicherung bzw. Abruf (Router, Leitungen, Server, Anschlüsse, etc.) benötigt werden. Je nach Fall können diese zu verschiedenen Anteilen beim Händler selbst (eigene Server etc.) oder aber auch bei Rechenzentren liegen (z. B. Nutzung von Cloud-Dienstleistungen). Die Datenübertragung selber kann hierbei sowohl über kabelgebundene Netzwerke (VDSL, etc.) oder aber auch über das Mobilfunknetz stattfinden. Aufgrund der komplexen Zusammensetzung und großen Heterogenität der verwendeten Geräte der digitalen Infrastruktur sowie der schnellen technischen Entwicklungen ist eine systematische quantitative Bewertung des entsprechenden Energieverbrauchs sowie hiermit zusammenhängender Emissionen nicht trivial. Auch finden sich hierzu in der Literatur nur eingeschränkt (und zum Teil veraltete) Vorarbeiten, wobei sich diese zumeist nur auf einzelne Aspekte wie zum Beispiel die Datenübertragung konzentrieren (Gombiner 2011; Mayers et al. 2015; Hagemann 2015; Kahlenborn et al. 2019; Stephens et al. 2021; Prakash et al. 2016; Zimmermann et al. 2020; Gröger et al. 2021; Coroama et al.).

Verschiedene Quantifizierungen von Emissionen im Zusammenhang mit der digitalen Infrastruktur des Onlinehandels weichen hierbei aufgrund der Vielzahl an nötigen Annahmen sowie gewählter Systemgrenzen zum Teil deutlich voneinander ab. So verweist eine aktuelle UBA-Studie (Zimmermann et al. 2020) z. B. sowohl auf Quellen, die die Emissionen des Online-Bestellvorgangs beim Schuhkauf auf 60 g CO<sub>2e</sub> schätzen, als auch auf solche, die die Umweltwirkung mit 5-10 g CO<sub>2e</sub> angeben. Eine Studie von Oliver Wyman gibt im Gegensatz hierzu für den Onlinekauf eines Produktes in Deutschland einen Energieverbrauch von 0,43 kWh für Rechenzentrum und Netzwerke (161 g CO<sub>2e</sub> mit einem angenommenen Emissionsfaktor von 0.375 kg CO<sub>2e</sub>/kWh) an (Oliver Wyman 2021). Aufgrund fehlender Details darüber, unter welchen Annahmen und welcher Datengrundlage diese Werte erhalten wurden, ist eine genauere Einordnung dieser nicht möglich. Der Anteil der Emissionen der digitalen Infrastruktur an den Gesamtemissionen liegt bei Zimmermann et al. bei der Betrachtung verschiedener Szenarien für einen singulären Kaufvorgang zwischen 5,5 %

und 25 % (Zimmermann et al. 2021). Diese Größenordnung findet sich auch in anderen Studien (Oliver Wyman 2021). Dementsprechend hat die digitale Infrastruktur einen eher untergeordneten Anteil an den Emissionen bei der Betrachtung eines Onlinebestellvorganges. Aufgrund der Komplexität des relevanten Systems können sich diese Werte und Anteile allerdings je nach Annahmen und Systemgrenzen deutlich voneinander unterscheiden.

### Energieverbräuche und Emissionen der IKT-Infrastruktur auf Seiten der Endkund:innen

Die Endkund:innen-seitige IKT-Infrastruktur mit Bezug zum Onlinehandel kann sich je nach Nutzungsverhalten sowie Anwendungsfall deutlich unterscheiden. In Tabelle 9 sind somit mögliche Endgeräte sowie deren Energieverbrauch angegeben, die je nach Szenario für die Energieverbräuche der IKT-Infrastruktur auf Seiten der Endkund:innen sowie deren Hochrechnung im folgenden Kapitel von Bedeutung sein können. Hierbei sollen vor allem die Energiebedarfe berücksichtigt werden, die bei der unmittelbaren Nutzung der Geräte im Zusammenhang mit E-Commerce entstehen. Emissionen bzw. Energieverbräuche, die aus der Produktion der Geräte resultieren, werden anhand der Nutzungsdauer der Geräte zum Zwecke des Onlinehandels sowie ihrer Gesamtlebensdauer nur anteilig und entsprechend ihrer tatsächlichen Verwendung hinzugerechnet.

Die in der folgenden Tabelle 9 zusammengestellten Daten zur Leistungsaufnahme verschiedener Endgeräte entstammen einer Datensammlung des Öko-Instituts (Gröger 2020). Hierbei ist es wichtig, diese Werte nicht als Absolutwerte, sondern als grobe Richtwerte und Größenordnungen zu verstehen, da die tatsächliche Leistungsaufnahme dieser Geräte stark vom jeweiligen verwendeten exakten Gerät sowie dem Nutzungsverhalten beeinflusst wird. So beruhen die Werte für Desktop PC, Monitor oder Laptop z. B. auf der Messung einer Vielzahl von Bürorechnern (Prakash et al. 2016) und repräsentieren somit eher Geräte mit genügsameren Leistungsanforderungen. Dementsprechend kann dieser Wert bei der Verwendung moderner Multi-Media Rechner auch deutlich höher ausfallen. So geben Singh et al. (European Commission et al. 2018) etwa deutlich höhere Werte an (Desktop PC 85 W, Laptop: 22 W). Für den vorliegenden Bericht soll jedoch auf die Werte nach Gröger zurückgegriffen werden.

**Tabelle 9: Leistungsaufnahme verschiedener Endgeräte sowie Treibhausgasemissionen aus der Herstellung.**

Endgerät	Leistungsaufnahme [W]	Treibhausgasemissionen Herstellung [kg CO <sub>2</sub> e]	Emissionen pro Stunde Nutzung [kg CO <sub>2</sub> e]
Desktop PC	39,4	347	0,110
Monitor	47	88	0,042
Laptop	13,2	311	0,090
Smartphone	1,3	100	0,005
Tablet	4	200	0,138
Router	13	77	0,006

Quelle: (Gröger 2020)

Weitere wichtige Einflussgrößen können zudem Faktoren wie die Größe der verwendeten Bildschirme sowie die entsprechende Bildschirmhelligkeit darstellen, die somit auch unmittelbare Hebel für mögliche Energieeinsparungen sind.

Ebenfalls relevant bei der Betrachtung der Umweltwirkung der verbraucherseitigen IKT-Infrastruktur sind - wie oben bereits erwähnt - Emissionen aus der jeweiligen Herstellung. Über die Annahme

einer durchschnittlichen Nutzungsdauer können die somit zusätzlich anfallenden Emissionen während der Nutzung zum Zwecke des Onlinehandels abgeschätzt werden. Die Lebenszeit (und täglichen Nutzungsdauern bzw. Zeiträume in denen die Geräte aktiv sind) werden hierbei nach Gröger 2020 wie folgt angenommen: Desktop PC, Monitor, Laptop: 5 Jahre (2 h); Handy: 2,5 Jahre (24 h); Tablet: 4 Jahre (1 h); Router: 7 Jahre (24 h). Über die Leistungsaufnahme sowie die Lebensdauern und durchschnittlichen täglichen Nutzungsdauern ergeben sich somit die potenziellen stündlichen Emissionen. Als Emissionsfaktor für den Strommix wird ein Wert von 0,375 kg CO<sub>2</sub>e/kWh für das Jahr 2020 angenommen (Icha et al. 2022). Aufgrund des großen Anteils der Emissionen aus der Herstellung hierbei, können diese Werte in Realität je nach tatsächlicher Nutzungsintensität stark schwanken.

Abgesehen von den verwendeten Endgeräten sind auch weitere Details, z. B. im Nutzer:innenverhalten während des Kaufvorgangs relevant. Hierfür hilfreiche Daten können zum Beispiel der Energieverbrauch einer Google Suchanfrage (0.0003 kWh, 0,2 g CO<sub>2</sub>e) (Google 2009) oder die Emissionen einer Email sein. So werden die Emissionen des Versands einer kurzen Email auf 0,3 g CO<sub>2</sub>e geschätzt (Walkley 2022). Je nach Größe der Mail kann diese Zahl auch deutlich höher ausfallen. So werden in aktuellen Untersuchungen für eine Mail mit einem 1 MB großen Anhang Emissionen in Höhe von 3,3 g CO<sub>2</sub>e angegeben (Hajdukowicz 2022)

### **Energieverbräuche und Emissionen der IKT-Infrastruktur auf Seiten der Händler:innen**

Die Energieverbräuche der IKT-Infrastruktur auf Seiten der Händler:innen sind aufgrund ihrer Heterogenität sowie der schlechteren Datenlage deutlich schwieriger zu ermitteln. So wurde in (Zimmermann et al. 2021) die Umweltwirkung der nicht verbraucherseitigen IKT-Infrastruktur auf 20 g CO<sub>2</sub>e pro Onlinekauf geschätzt. Abgesehen von der Tatsache, dass diese Schätzung auf einer Datenerhebung bei Onlinehändler:innen beruht, wurden hierzu keine weiteren Details genannt.

Auf eine detailliertere Betrachtung möglicher verwendeter Endgeräte auf Seiten der Händler:innen soll im Folgenden aufgrund der großen Bandbreite und Heterogenität an möglichen relevanten Unternehmen und Geräten, sowie der geringen Relevanz bei der Betrachtung des Energieaufwandes pro Bestellung verzichtet werden. Nichtsdestotrotz können auch hier allgemeinere, nicht-quantifizierte best-practice Empfehlungen gegeben werden (siehe Kapitel 3.3).

Abgesehen von den Endgeräten ist das Bereitstellen der Website bzw. des Onlinestores sowie des entsprechenden Backends inklusive der nötigen Verwaltungssoftware ein wichtiger Bestandteil der Händler:innen-seitigen digitalen Infrastruktur. Die Größe der Website hängt hierbei stark von der Größe des Unternehmens (Anzahl Produkte etc.), dem Multimedia-Einsatz (Qualität und Anzahl von Produktbildern, Einbindung von Videos oder sonstigen Designelementen, etc.) sowie dem Umgang mit sonstigen Daten (Backend, Abspeicherung von Kundendaten etc.) der Onlinehändler:innen ab.

Ein Report des HTTPArchive.org gibt für Februar 2023 den Median der Websitengröße mit 2,3 (Desktop) bzw. 2,0 MB (mobil) an, mit einer deutlich steigenden Tendenz (http archive 2023). Laut Peteranderl werden hingegen bei 12 Seitenaufrufen auf amazon.com 87,33 MB Datenvolumen benötigt (Peteranderl 2019), was für einen (Produkt-)Seitenaufruf in 7,7 MB resultieren würde. Dies ist allerdings neben den zuvor beschriebenen Faktoren unter anderem auch vom gewählten Endgerät (mobil vs. stationär) sowie dem Zwischenspeicher (wenn die Seite bereits besucht wurde fallen beim erneuten Laden deutlich weniger Daten an) abhängig.

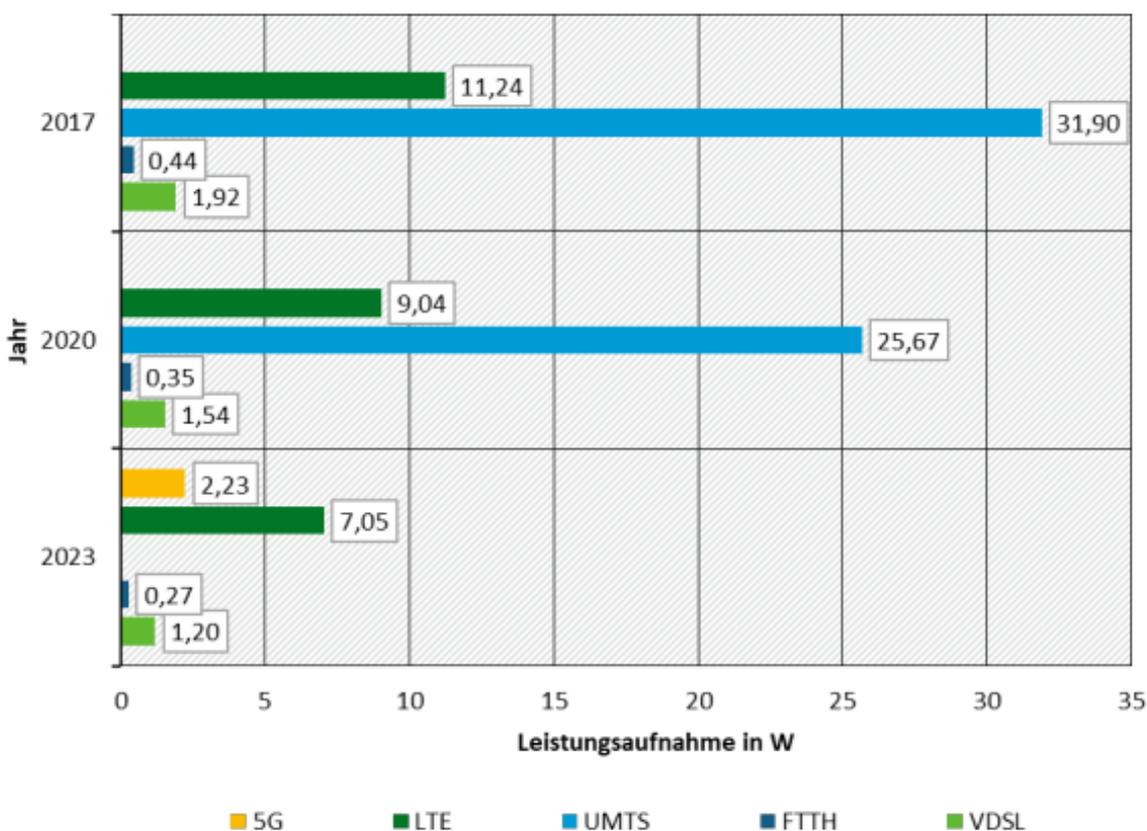
Weitere Aspekte der Datenspeicherung und Bereitstellung sollen im folgenden Abschnitt und im Kontext der Rechenzentren betrachtet werden

### Sonstige Energieverbräuche und Emissionen (Datenübertragung und Datenspeicherung in Rechenzentren)

Die im Folgenden besprochenen sonstigen Energieverbräuche beinhalten vor allem die Datenübermittlung zwischen Händler:innen und Käufer:innen, als auch die mögliche Datenspeicherung und -Bereitstellung (z. B. in Rechenzentren) und vervollständigen somit die relevante Datenverarbeitungskette.

Eine aktuelle Studie des Umweltbundesamtes (siehe Abbildung 20) ermittelte die Leistungsaufnahme von Telekommunikationsnetzwerk bei 1 GB/h bis vor das Rechenzentrum in Abhängigkeit verschiedener Technikgenerationen (Gröger et al. 2021). Hierbei werden Standby-Verluste, niedrig ausgelastete Komponenten und veraltete Technik nicht berücksichtigt, sondern nur der Energiebedarf eines singulären Datenstroms. Auch dieser ist allerdings relativ zu verstehen, da er lediglich einen anteiligen Energiebedarf des Netzes darstellt und somit je nach Auslastung deutlich variieren kann. So fallen die Verbräuche der Festnetzanschlüsse für das Jahr 2023 derzeit in der Realität aufgrund der noch geringen Auslastung der Glasfaseranschlüsse - anders als hier angegeben - noch sehr ähnlich aus.

**Abbildung 20: Leistungsaufnahme im Telekommunikationsnetzwerk bei 1 GB/h bis vor das Rechenzentrum in Abhängigkeit der Technikgeneration**



Quelle: (Gröger et al. 2021)

Je nach Systemgrenzen (z. B. Einbeziehung des kompletten Netzes) und getroffenen Annahmen können sich solche Angaben der Energieintensität in der Literatur stark unterscheiden. So geben (Stephens et al. 2021) die Energieintensität von Übertragungsnetzwerken (kabelgebunden) basierend auf (Aslan et al. 2018) mit 0,0065 kWh/GB für das Jahr 2020 an, und für mobile Daten mit 0,1 kWh/GB (Pihkola et al. 2018; Stephens et al. 2021).

Neben der Bestimmung des Energiebedarfs über die Energieintensitäten und Datenmengen werden in der Literatur auch detailliertere Herangehensweisen diskutiert, die flexibler auf Details wie die Bitrate sowie die Auslastung des Netzwerkes angepasst werden können, um so speziellere Fragestellungen zu beantworten (Stephens et al. 2021; Malmodin 2020).

Neben der reinen Datenübertragung ist auch das Speichern sowie Bereitstellen von Daten über Rechenzentren relevant. Gröger et al. untersuchten hierfür vier Rechenzentren, und ermittelten Emissionen zwischen 166 und 280 kg CO<sub>2</sub>e pro TB und Jahr bzw. zwischen 29 und 49 W/TB (ganzjährige Beanspruchung) (Gröger et al. 2021). Auch hier sind die Zahlen wieder stark abhängig von weiteren Bedingungen, wie der Auslastung oder dem verwendeten Energiemix. Stephens et al. (2021) beziffern die Energieintensität von Rechenzentren und den Inhaltsbereitstellungnetzwerken auf 1,3 Wh pro Stunde für das Videostreaming.

### 3.2.2 Validierung des Wissensstandes und Generierung neuer Erkenntnisse

Wie zuvor deutlich wurde, ist die Abschätzung des Energieverbrauchs der digitalen Infrastruktur des Onlinehandels aufgrund einer Vielzahl an Unsicherheiten bei den Daten, verschiedener gewählter Systemgrenzen sowie des starken Einflusses des individuellen Nutzer:innenverhaltens (sowohl auf Seiten der Endkund:innen als auch der Händler:innen) nicht trivial und eine endgültige Aussage zu dem kompletten Verbrauch durch eine absolute Zahl nicht möglich.

Nichtsdestotrotz soll im Folgenden die vorhandene Datengrundlage genutzt werden, um die Größenordnung des Energieverbrauchs der digitalen Infrastruktur für eine singuläre Onlinebestellung anhand verschiedener Beispielrechnungen bottom-up abzuschätzen. Es ist wichtig anzumerken, dass Emissionen, die aus der 24/7-Bereitstellung der IKT-Infrastruktur für den Onlinehandel, sowie veralteter oder nicht effizient genutzter Bestandteile resultieren, hierbei nicht abgedeckt werden. Somit sind die tatsächlichen Emissionen der digitalen Infrastruktur des Onlinehandels – vor allem nicht-verbraucherseitig (Händler:innen, Rechenzentren/Datenübertragung) - in Realität deutlich höher als die folgenden Rechnungen implizieren (siehe unten).

Die erhaltenen Ergebnisse sollen im Anschluss dazu genutzt werden, um mögliche Ansatzpunkte für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit sowie deren Potenziale zu identifizieren und basierend hierauf mögliche best-practice Empfehlungen ableiten zu können.

#### Exemplarische Beispielrechnung für die Emissionen eines Onlinekaufvorganges

In der exemplarischen Bestellung wird ein Laptop, der mit dem WLAN verbunden ist (plus Router), verwendet. Die Recherche bis zur Kaufentscheidung dauert 30 min. In dieser Zeit werden 15 verschiedene Seiten aufgerufen (Recherche inklusive Bestellvorgang) und 3 Google Suchanfragen getätigt. Zudem werden während des Bestellvorgangs insgesamt 3 kurze Mails, sowie eine Mail mit einem Anhang von 1 MB versendet. Für die kabelgebundene Datenübertragung werden hier 0,0065 kWh/GB angenommen (Wert nach (Stephens et al. 2021)).

Für die nicht verbraucherseitigen Emissionen (IKT der Händler:innen) wird die Abschätzung von 20 g CO<sub>2</sub>e pro Bestellung (Zimmermann et al. 2020) verwendet. Für Rechenzentren soll aus Mangel verfügbarer Daten als grobe Näherung die Energieintensität der Datenbereitstellung für das Streaming (1,3 Wh pro Stunde) für die Dauer des Kaufvorganges angenommen werden (Stephens et al. 2021), da sich die Speicherung und Bereitstellung von Daten durch Onlineverkäufer:innen in Rechenzentren anhand der Datenlage nur schwer abschätzen und auf eine einzelne Bestellung übertragen lässt.

Als Emissionsfaktor des Strommixes wird für alle Rechnungen ein Wert von 0,375 kg CO<sub>2</sub>e/kWh für das Jahr 2020 angenommen (Icha et al. 2022).

Insgesamt ergeben sich für dieses Beispiel Emissionen in Höhe von ca. 74 g CO<sub>2</sub>e (siehe Tabelle 10). Hierbei entfällt ein Großteil auf die verwendeten Endgeräte sowie die IKT-Infrastruktur der Verbraucher:innen (66 %), während der Anteil der IKT Infrastruktur der Händler:innen mit 27 % deutlich geringer ausfällt. Dies sollte vor allem in Skalierungseffekten begründet sein. Im Gegensatz hierzu ist der Einfluss der Daten- und Informationsübertragung selbst sehr gering.

**Tabelle 10: Exemplarische Berechnung der Emissionen eines singulären Onlinekaufvorganges**

Posten	Treibhausgasemissionen [g CO <sub>2</sub> -Äquivalente]
Laptop	45,1
Router	3,1
Webrecherche	0,9
E-Mail-Versand	4,2
IKT Händler:innen	20
Rechenzentrum	0,2
<b>Gesamt</b>	<b>73,5</b>

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die Emissionen der verbraucherseitigen Endgeräte und IKT-Infrastruktur werden stark von den anteiligen Emissionen aus der Herstellung geprägt. So betragen die Gesamtemissionen des Bestellvorgangs, wenn man für die Verwendung von Laptop und Router nur den unmittelbar anfallenden Energiemehrbedarf berücksichtigt, lediglich 30 g CO<sub>2</sub>e. Somit stellt die Nutzungsintensität und Lebensdauer bzw. gesamte Verwendungsdauer der durch die Konsument:innen genutzten Geräte einen möglichen Hebel für die Einsparung von Emissionen dar (siehe Kapitel 3.3). Analoge Betrachtungen auf Seiten der Händler:innen sind an dieser Stelle aufgrund der Verwendung der pauschalen Abschätzung der entsprechenden Emissionen nach (Zimmermann et al. 2020) nicht möglich.

### Hochrechnung

Um die Verbesserungspotenziale verschiedener Ansatzpunkte für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit abschätzen zu können, sollen im Folgenden näherungsweise die Gesamtemissionen, die aus der Summe aller singulären Bestellvorgänge für die digitale Infrastruktur des Onlinehandels anfallen, abgeschätzt werden. Hierbei ist es wichtig zu beachten, dass diese Ergebnisse aufgrund der bereits zuvor mehrfach diskutierten starken Unsicherheiten (insbesondere innerhalb eines solchen, detaillierteren bottom-up-Ansatzes) und der Betrachtung eines singulären Kaufvorgangs nur als vereinfachte und exemplarische Beispielrechnungen für verschiedene Randbedingungen und Annahmen verstanden werden können.

Dementsprechend stellen die folgenden Werte keine absoluten Werte für die Gesamtemissionen der digitalen Infrastruktur des Onlinehandels in Deutschland dar. Nichtsdestotrotz können die Ergebnisse genutzt werden, um die durchschnittliche Umweltwirkung einer Onlinebestellung in verschiedenen Nutzungsszenarien sowie das Potenzial verschiedener Maßnahmen zur Energie- bzw. Emissionseinsparung abschätzen zu können. Neben den bereits zuvor beschriebenen Daten sollen

hierbei auch Daten zum Nutzer:innenverhalten bzw. verschiedenen Bestellwegen aus dem HDE Monitor (IFH Köln 2021) sowie weitere ergänzende Daten verwendet werden (siehe Tabelle 11).

**Tabelle 11: Verteilung der Onlineumsätze 2020 auf Endgeräte sowie weitere ergänzende Daten.**

Bestellweg	Anteil [%]
PC/Laptop	45
Tablet	8
Smartphone	47
<b>Umsatz des Onlinehandels (2020, brutto)*</b>	83,3 Mrd. Euro
<b>Durchschnittlicher Wert pro Bestellung (2020)**</b>	120 Euro

Quelle: (IFH Köln 2021); \* (bevH 2022) ; \*\* bevH-Befragung 2020.

Für die exemplarische Hochrechnung auf den Gesamtenergieverbrauch und die Gesamtemissionen soll im Folgenden Standardszenario die Aufteilung der Endgeräte nach dem HDE Monitor (siehe Tabelle oben) verwendet werden. Zwischen Laptops und Desktop-PCs wird hierbei eine 50/50-Aufteilung angenommen. Weitere Annahmen (Onlinerecherche, Datenübertragung, etc.) sind analog zur oberen Beispielrechnung. Für die Energieintensitäten der Datenübertragung werden wiederum die Werte nach (Stephens et al. 2021) verwendet, wobei die Werte für das mobile Netzwerk lediglich für das Smartphone als Endgerät verwendet werden. Abschließend wird über die Anzahl an Onlinebestellungen, welche wiederum aus dem Umsatz und dem durchschnittlichen Wert pro Bestellung erhalten wird, die Skalierung für eine erste grobe Gesamtabstschätzung vorgenommen (Tabelle 12).

Die unter den beschriebenen Annahmen erfolgte Hochrechnung resultiert in 44 kt CO<sub>2</sub>e, was wiederum durchschnittlichen Emissionen von 63 g CO<sub>2</sub>e pro Bestellung in diesem Szenario entspricht. Ohne die anteilige Einbeziehung der Herstellungsemissionen für die IKT-Infrastruktur der Verbraucher:innen wird hingegen ein Wert von durchschnittlich 33 g CO<sub>2</sub>e pro Bestellung erhalten.<sup>23</sup>

**Tabelle 12: Exemplarische Hochrechnung für die Größenordnung der Gesamtemissionen der digitalen Infrastruktur des Onlinehandels in Deutschland 2020**

Posten	Treibhausgasemissionen [kt CO <sub>2</sub> -Äquivalente]
Endgeräte und Router	24,7
Webrecherche, Datenübertragung und Emails	5,0
IKT Händler:innen	13,9
<b>Gesamt</b>	<b>44</b>

Quelle: Eigene Rechnung.

<sup>23</sup> Zum Vergleich: Ein Kühlschrank der Effizienzklasse A (zuvor A+++ ) mit einem Fassungsvermögen von ca. 240 bis 300 Liter verbraucht im Jahr etwa 91 kWh (Stromverbrauch beim Kühlschrank pro Tag: So hoch ist er - CHIP). Dies entspricht mit dem in dieser Studie verwendeten Emissionsfaktor Emissionen in Höhe von ca. 34 kg CO<sub>2</sub>e pro Jahr bzw. 93 g CO<sub>2</sub>e am Tag.

## Einordnung

Wie bereits beschrieben, umfassen die zuvor dargestellten Rechnungen aufgrund des gewählten bottom-up-Ansatzes lediglich die marginalen Emissionen, die unmittelbar bei einer singulären Onlinebestellung zusätzlich anfallen bzw. dieser direkt zugeordnet werden können sowie die anteiligen Emissionen aus der Herstellung für die verbraucherseitig verwendeten Endgeräte. Während sich die verbraucherseitigen Emissionen somit relativ gut abschätzen lassen, sind die Emissionen, die aus der Datenübertragung sowie der nicht-verbraucherseitigen IKT-Infrastruktur resultieren, in Realität deutlich höher, weil hier der größte Anteil an Emissionen aus der 24/7-Bereitstellung (inklusive anteiliger Emissionen aus der Herstellung) und dem Betrieb der nötigen Infrastruktur (inklusive aller auch nicht ausgelasteten Komponenten, Idle-Verbräuchen, etc.) und nicht dem Energiebedarf einer singulären Bestellung resultiert. Für die Ermittlung der entsprechenden Werte wäre ein detaillierter top-down-Ansatz, ausgehend von den detaillierten Energieverbräuchen des "Gewerbe, Handel, Dienstleistungen" (GHD)-Sektors bzw. dessen verschiedener Unterkategorien nötig. Ein solcher konnte im Rahmen des vorliegenden Berichtes aufgrund einer fehlenden Datengrundlage nicht durchgeführt werden und ist nicht trivial, da viele Infrastrukturelemente wie z. B. Rechenzentren für eine Vielzahl an Anwendungen nötig sind, sodass eine Bestimmung der für den Onlinehandel relevanten Emissionsanteile nicht ohne weiteres möglich ist.

Als vergleichende Einordnung lässt sich jedoch festhalten, dass die Emissionen aus dem Stromverbrauch der IKT-Infrastruktur des Einzelhandels zwischen 1,5 und 2 Mt CO<sub>2e</sub> liegen (interne Berechnungen, Fraunhofer ISI) und die Emissionen aus dem Strombedarf (über 80 % des kompletten entsprechenden Energiebedarfs) von Rechenzentren und kleineren IT-Installationen insgesamt auf 6 Mt CO<sub>2e</sub> (Hintemann et al. 2022) geschätzt werden.

Die im vorliegenden Bericht erhaltenen Emissionen pro Bestellung liegen in einer Größenordnung mit anderen, ähnlich gelagerten Untersuchungen aus der Literatur (siehe Kapitel 3.2). Lediglich eine Studie von Oliver Wyman gibt deutlich größere Zahlen für den Energiebedarf der IT (Rechenzentren und Computer Netzwerk) an (0,43 kWh pro Paket/Bestellung; entspricht 161 g CO<sub>2e</sub> bei Verwendung des in diesem Bericht genutzten Emissionsfaktor). Da hierbei keine weiteren Informationen zu der Datengrundlage sowie den Annahmen, die hinter diesen Zahlen stecken, vorliegen (bottom-up oder top-down, etc.), ist eine genauere Einordnung dieser Werte allerdings nicht möglich.

### 3.3 Ansatzpunkte mit den größten Verbesserungspotenzialen für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit

Aufbauend auf den Ergebnissen der beiden vorherigen Kapitel sollen im Folgenden für die drei betrachteten Kategorien (Energieverbräuche und Emissionen auf Seiten der Endkund:innen, Energieverbräuche und Emissionen auf Seiten der Händler:innen, sonstige Energieverbräuche und Emissionen (Datenübertragung und Datenspeicherung in Rechenzentren) verschiedene Ansatzpunkte für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit diskutiert werden. Dabei lassen sich die folgenden fünf Ansatzpunkte den drei Kategorien wie folgt zuordnen:

- **Senkung der Emissionen der Endkund:innen**
  - 3.3.1 Erhöhung der Nutzungsintensität und -dauer der Endgeräte
- **Senkung der Emissionen der Händler:innen**
  - 3.3.2 Adressierung der Emissionen aus dem durchgängigen Betrieb der nötigen IKT-Infrastruktur
  - 3.3.3 Stärkere Nutzung von Skalierungseffekten
- **Senkung der Emissionen auf Ebene der Intermediäre**

- 3.3.4 Umweltwirkungen sichtbar machen
- 3.3.5 Energieeffizientere Datenübertragung und Rechenzentren

### 3.3.1 Erhöhung der Nutzungsintensität und -dauer der Endgeräte

Die Emissionen der Endkund:innen werden stark geprägt von der Einsatzdauer und Wahl der verwendeten Endgeräte sowie der anteilig anfallenden Emissionen aus der jeweiligen Herstellung. Da letztere vor allem von der Lebensdauer sowie Nutzungsintensität der Geräte abhängen und die Geräte ein deutlich breiteres Anwendungsfeld als ihre Nutzung für Onlinebestellungen haben, ist eine exakte Quantifizierung hierbei nur bedingt aussagekräftig. Stattdessen sollte allgemein eine nachhaltige Verwendung elektronischer Endgeräte gefördert werden. Dies würde die ökologische Nachhaltigkeit der gesamten verbraucherseitigen IKT-Infrastruktur verbessern und nicht nur die des Onlinehandels.

Mögliche Ansatzpunkte sind hierbei:

- Verlängerung der Lebensdauer von Geräten, z. B. durch die Reparatur von Geräten oder dem Kauf von gebrauchten/refurbished Geräten. So verringern sich die Emissionen pro Stunde (Stromverbrauch + anteilige Emissionen aus der Herstellung) für den Fall des unter 3.2.1 beschriebenen Laptops bei Verlängerung der Lebenszeit um 2 Jahre (7 statt 5 Jahre) und gleicher Nutzungsintensität von 90 auf 66 g CO<sub>2</sub>e.
- Geteilte Nutzung von nur gering ausgelasteten Geräten (anstelle der parallelen Nutzung mehrerer gering ausgelasteter Geräte). Ein klassisches Beispiel hierfür wäre der Desktop-Rechner mit geteilter Nutzung innerhalb eines Haushaltes. So sorgt eine Verdopplung der täglichen Nutzung (4 statt 2 h) für den Desktop Rechner (inklusive Monitor) aus 5.2.1 für eine Verringerung der Emissionen von 152 auf 92 g CO<sub>2</sub>e pro Stunde.

Neben den Emissionen aus der Herstellung ist auch die Wahl des Endgerätes für den Stromverbrauch entscheidend. Hier ist das Smartphone am effizientesten (0,5 g CO<sub>2</sub>e pro Stunde vs. 33 g CO<sub>2</sub>e bei der Verwendung eines Desktop Rechners + Monitors). Zieht man in die Betrachtung der Wahl des Endgerätes auch die Emissionen aus der Herstellung mit ein, wird die angenommene Nutzungsintensität sehr relevant. So resultieren aus der Wahl des Tablets bei den oben verwendeten Annahmen aufgrund der geringeren Nutzung ähnlich hohe Emissionen pro Stunde (138 g CO<sub>2</sub>e) wie für die Verwendung von Desktop Rechnern inklusive Monitor (152 g CO<sub>2</sub>e).

Auch der Austausch von Endgeräten hin zu neueren Endgeräten mit gesteigerter Energieeffizienz kann zu Einsparungen führen. Aufgrund des hohen Anteils der Emissionen aus der Herstellung, ist dies allerdings für viele Produkte (v.a. Computer, Laptops und Smartphones) oft nicht zwingend sinnvoll, sodass der Fokus bei solchen ohnehin schon relativ effizienten Geräten auf einer möglichst langen Nutzung liegen sollte.<sup>24</sup>

Ein letzter Ansatzpunkt zur Einsparung von Emissionen stellt schließlich die Wahl des Datenübertragungsweges (mobile Daten, WLAN, etc.) dar (siehe unten).

Zur Illustrierung dieser Hebel sollen im Folgenden jeweils ein exemplarisches "Best-case" sowie "Worst-case"- Szenario für einen Onlinekaufvorgang vorgestellt werden. Im Best-case wird ein Smartphone verwendet, mit dem über das WLAN ein kurzer (10 min) und gezielter (1 Google Suchanfrage, 3 Seitenaufrufe) Onlinekauf getätigt wird. Im Worst-case wird ein Desktop Rechner (inklusive Monitor) verwendet, um eine sehr umfangreiche Webrecherche (WLAN, 3 Stunden, 10 Google Anfragen, 50 Seitenaufrufe). Zudem findet noch ein intensiverer Mailverkehr mit dem Onlinehändler statt (8 kurze Mails und 2 größere). Alle anderen Annahmen bleiben identisch wie in

---

<sup>24</sup> FAQ Langlebigkeit von Elektrogeräten im Haushalt, Öko-Institut e.V. 2018: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/FAQ-Langlebigkeit-elektro-nische-Produkte.pdf>

den zuvor gezeigten Beispielrechnungen. Die hierbei erhaltenen Werte (siehe Tabelle 13) liegen in Abhängigkeit vom Nutzungs-Szenario und davon, ob die Herstellungsemissionen für die IKT-Infrastruktur der Verbraucher:innen berücksichtigt werden, zwischen 26 und 506 g CO<sub>2</sub>e pro Bestellung und zeigen somit den möglichen Einfluss der Verbraucher:innen sowie die hohe Relevanz der Nutzungsintensität der Geräte (und der damit verbundenen Annahmen) auf.

**Tabelle 13: Betrachtung verschiedener Extrema bei der Abwicklung einer einzelnen Onlinebestellung**

Posten	Emissionen "Best-case" [g CO <sub>2</sub> -Äquivalente]	Emissionen "Worst-case" [g CO <sub>2</sub> -Äquivalente]
<b>Endgeräte und Router (mit/ohne Herstellungsemissionen)</b>	1,8/0,9	574/113
<b>Webrecherche, Datenübertragung und Emails</b>	4,9	12
<b>IKT Händler:innen</b>	20	20
<b>Gesamt</b>	<b>27/26</b>	<b>506/145</b>

Quelle: Eigene Berechnungen.

### 3.3.2 Adressierung der Emissionen aus dem Betrieb der nötigen IKT-Infrastruktur

Eine nachhaltige und effiziente Nutzung der IKT-Infrastruktur sowie die Verwendung energiesparender und energieeffizienter Geräte (Bizo 2019) kann – in Analogie zur Reduzierung der Emissionen die aus der Hardwarenutzung der Konsument:innen resultiert – ein wichtiger Ansatzpunkt sein, um Emissionen aus dem allgemeinen 24/7-Betrieb der nötigen IKT-Infrastruktur zu reduzieren. Eine weitere wichtige Handlungsoption zur Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit (und drastischen Verringerung der Emissionen) aus Perspektive der Händler:innen ist zudem die Verwendung erneuerbarer Energien bei der Deckung des eigenen Energiebedarfs sowie die Wahl entsprechender nachhaltiger Dienstleister (Rechenzentren, Webhosting, etc.).

Abgesehen hiervon können die Onlinehändler:innen durch die Gestaltung ihres digitalen Angebots bzw. ihrer Websites zu einem geringeren Datenverbrauch der Konsument:innen beitragen, z. B. Deaktivierung von Videoautoplay, Anpassung der Website an die verwendeten Endgeräte (z. B. Videoauflösung, etc.). Auch wenn dies von eher geringerer Bedeutung für mögliche Emissionen ist, können solche best-practices dennoch zu einer Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit der digitalen Infrastruktur des Onlinehandels beitragen

### 3.3.3 Stärkere Nutzung von Skalierungseffekten

Der Ausnutzung von Skalierungseffekten bzw. der effizienten Nutzung der hardwareseitig vorhandenen Kapazitäten kann einen weiteren wichtigen Ansatzpunkt darstellen und ist zugleich ein spezifisches Beispiel für die oben angesprochene nachhaltige und effiziente Nutzung der IKT-Infrastruktur.

Beispielsweise fallen bei der Nutzung einzelner, nicht ausgelasteter Server deutlich mehr Emissionen pro GB an, als in effizienteren und stets möglichst optimal ausgelasteten größeren Serveranlagen. Gerade für kleine und mittlere Unternehmen oder Unternehmen mit einem stark variablen Datenaufkommen kann dies eine Herausforderung darstellen. Mögliche Verbesserungspotenziale

liegen hier somit in der Nutzung von Cloud-Computing. So können laut einer exemplarischen Beispielrechnung von Google (Google 2011) die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Nutzer für den Betrieb eines Email-Systems bei der Skalierung von einem Unternehmen mit 50 Nutzern hin zu einem mit 10 000+ Email Nutzern um 96 % reduziert werden. Durch das Nutzen einer Cloud-basierten Lösung können anschließend nochmal 70 % eingespart werden.

Auch eine aktuellere Studie (Bizo 2019) im Auftrag von aws kommt zum Schluss, dass Unternehmen ihren Energieverbrauch um bis zu 80 % senken können, wenn sie von on-premise Rechenzentren zu Cloud-Rechenzentren wechseln. Generell können Clouddienstleister somit für Unternehmen eine effiziente Möglichkeit darstellen, durch solche zuvor besprochenen Skalierungseffekte sowie eine – gegenüber kleineren on-premise Rechenzentren – zumeist deutlich energieeffizientere IT- bzw. Server-Infrastruktur ihren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck deutlich zu vermindern.<sup>25</sup>

### 3.3.4 Umweltwirkungen sichtbar machen

Die Umweltwirkungen verschiedener (digitaler) Dienstleistungen – v.a. von Rechenzentren oder Clouddienstleistern aber auch von Händler:innen – sowie benötigter Geräte sichtbar zu machen ist sowohl für die Verbraucher:innen bei der Gestaltung ihres Konsumverhaltens als auch bei den Händler:innen bei der Wahl evtl. nötiger Dienstleistungen (z.B. Webhosting, etc.) ein wichtiger Bestandteil, um auch im Alltag informierte und ökologisch nachhaltigere Entscheidungen treffen zu können und Aufmerksamkeit für verschiedene, nicht immer direkt sichtbare bzw. nicht offensichtliche Energieverbräuche zu schaffen. Somit ist dieser Aspekt sowohl zentral für die Realisierung der zuvor beschriebenen Ansatzpunkte, als auch für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit der anderen Teilbereiche des Onlinehandels (siehe z.B. Vermeidung von Retouren, Wahl der Versandoptionen und Verpackungen, etc.).

### 3.3.5 Energieeffizientere Datenübertragung und Rechenzentren

Die Wahl des Datenübertragungsweges kann einen (wenn auch eher geringen) Einfluss auf die verursachten Emissionen haben. So ist es immer energiesparender kabelgebundene Netzwerke anstelle des mobilen Netzes zu nutzen und auch innerhalb dieser beiden Optionen werden die neueren technischen Standards immer energieeffizienter (siehe Abbildung 20). Durch den Ausbau neuer, energieeffizienter Technologien (Glasfaser, 5G) bei gleichzeitiger Ersetzung älterer und ineffizienter Übertragungswege (z. B. 3G) kann die ökologische Nachhaltigkeit der Datenübertragung im Allgemeinen somit gestärkt werden.

Bezogen auf Betrachtung des Energiemehraufwandes durch einen singulären Onlinekaufvorgang sind die hierbei eingesparten Emissionen im Verhältnis zu den Gesamtemissionen nur marginaler Natur. So würden sich die Emissionen bei der in 5.2.2 durchgeführten Hochrechnung der Betrachtung aller Onlinebestellvorgänge lediglich um 0,32 kg CO<sub>2</sub>e (bzw. ca. 1 %) verringern, wenn alle Bestellungen über das kabelgebundene Netzwerk abgewickelt werden würden.

Relevante Verbesserungspotenziale finden sich zudem auch bei den Rechenzentren. Für eine allgemeine Betrachtung der Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit von Rechenzentren kann auf die einschlägige Literatur verwiesen werden (Schödwel et al. 2018; Gröger et al. 2021).

---

<sup>25</sup> Erste Anbieter stellen hierzu bereits auch schon Kalkulationstools und Informationen bereit, die die Kunden dabei unterstützen sollen die Auswirkungen entsprechender Umstellungen abzuschätzen. Beispiele finden sich unter: [AWS führt Tool für die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Kunden ein \(amazon.com\)](#) oder [Cloud-Migration von On-Premise-Rechenzentren mit Splunk und Accenture | Splunk oder Nachhaltigkeit | Google Cloud](#).

### 3.4 Zwischenfazit

Wie gezeigt werden konnte, wird die Ermittlung des ökologischen Fußabdrucks der digitalen Infrastruktur des Onlinehandels von vielen Unsicherheiten sowie Abhängigkeiten vom jeweiligen Nutzungsverhalten (sowohl von Seiten der Verbraucher:innen als auch der Händler:innen) geprägt.

Bei der Betrachtung der Emissionen eines singulären Onlinekaufvorgangs konnte dementsprechend vor allem der Einfluss des Verhaltens der Verbraucher:innen (Wahl energieeffizienter Endgeräte sowie nachhaltiger Umgang mit der IKT-Infrastruktur) aufgezeigt und teilweise quantifiziert werden. So konnten Emissionen in der Höhe von 63 g CO<sub>2</sub>e, resultierend aus dem energetischen Mehraufwand eines singulären Onlinebestellvorgangs, für digitale Infrastruktur einer durchschnittlichen Onlinebestellung in Deutschland für das Jahr 2020 ermittelt werden. Dieser Wert kann sich jedoch, je nach getroffenen Annahmen und Nutzungsszenarien, stark unterscheiden.

Im Gegensatz hierzu konnten die verschiedenen Ansatzpunkte zur Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit für die allgemeine Datenübertragungsinfrastruktur und Rechenzentren sowie die IKT-Infrastruktur der Händler:innen nicht quantifiziert werden. Dies liegt in der Verflechtung mit einer Vielzahl anderer Anwendungsfälle (z. B. bei Rechenzentren) sowie der großen Heterogenität (Größe, Infrastruktur, etc.) der Onlinehändler:innen begründet.

Zudem ist es hier auch wichtig, die deutlich relevanteren Emissionen aus der Bereitstellung und dem 24/7-Betrieb der nötigen IKT-Infrastruktur zu adressieren, die nicht bei der Betrachtung eines singulären Onlinekaufvorgangs berücksichtigt werden. Die wichtigsten Ansatzpunkte sind hierbei die nachhaltige Verwendung energiesparender und effizienter Hardware sowie die Deckung des eigenen Energiebedarfs über erneuerbare Energien bzw. die Inanspruchnahme entsprechender nachhaltiger Dienstleister (z. B. Webhosting etc.).

Um zum Gelingen dieser verschiedenen zuvor beschriebenen Ansatzpunkte für eine bessere ökologische Nachhaltigkeit beizutragen, ist es zudem notwendig, die Umweltwirkungen verschiedener digitaler Dienstleistungen - v. a. von Rechenzentren oder Clouddienstleistern, aber auch von Händler:innen - sowie benötigter Geräte, sichtbar zu machen. Dies ist sowohl für die Verbraucher:innen bei der Gestaltung ihres Konsumverhaltens als auch bei den Händler:innen bei der Wahl evtl. nötiger Dienstleistungen (z. B. Webhosting, etc.) ein wichtiger Bestandteil, um auch im Alltag informierte und ökologisch nachhaltigere Entscheidungen treffen zu können.

## 4 Logistikzentren

### 4.1 Ziele und Vorgehensweise

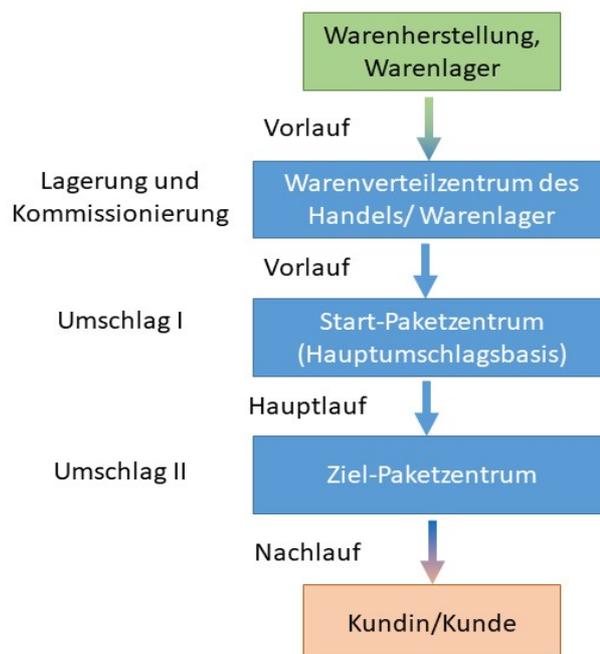
Im Folgenden sollen insbesondere die Energiebedarfe der für einen zuverlässigen und schnellen Onlinehandel unerlässlichen Verteiler- und Logistikzentren untersucht werden. Neben der Diskussion des hierzu in der Literatur vorliegenden aktuellen Wissenstands sollen im Anschluss in einem Top-Down Verfahren die Emissionen bestimmt werden, die pro Sendung bzw. Paket in Deutschland für das Referenzjahr 2020 anfallen. Wo es möglich ist, wird diesem Ansatz nach einer Ermittlung der entsprechenden Datenverfügbarkeit auch eine Bottom-up-Betrachtung ergänzend gegenübergestellt. Außerhalb der Logistik- und Verteilerzentren anfallende Verkehre sind hierbei explizit nicht Bestandteil der Betrachtungen, da diese bereits in Kapitel 1 behandelt wurden.

Gegenstand der Betrachtung sollen somit Lagerung und Kommissionierung der Waren beim Onlinehändler (oder beauftragten Fulfillment-Dienstleistern) sowie nachfolgende Verteilung der Waren durch Logistiker bzw. die hierbei relevanten Hauptumschlagszentren (Start Paketzentrum) und Zielpaketzentren bzw. Hubs sein. Vorausgehende Lagerungen und logistische Prozesse z. B. beim Produzenten sollen explizit nicht Teil der Betrachtung sein (in Abbildung grün markiert).

Die Abbildung 21 zeigt eine exemplarische Darstellung eines möglichen Logistikprozesses im Onlinehandel. In der Praxis können sich auch hiervon abweichende Ausgestaltungen des Logistikprozesses finden.

Ausgehend von den erzielten Erkenntnissen sollen abschließend mögliche Ansatzpunkte vorgestellt werden, wie ein noch energieeffizienterer und ressourcenschonenderer und damit nachhaltigerer Betrieb der für den Onlinehandel unerlässlichen Verteiler- und Logistikzentren möglich wäre.

**Abbildung 21: Exemplarische Darstellung möglicher Logistikprozess im Onlinehandel**



Quelle: Fraunhofer ISI angelehnt an (Zimmermann et al. 2021).

## 4.2 Validierung des Wissensstandes und Generierung neuer Erkenntnisse

### 4.2.1 Aufbereitung des Wissensstandes

In einem ersten Schritt wird der aktuelle Wissensstand zu den Energiebedarfen von Verteiler- und Logistikzentren im Kontext des Onlinehandels beschrieben. Hierfür wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt, bei der wissenschaftliche Publikationen und Projektberichte aber auch Datenbanken und Publikationen von Verbänden und Unternehmen erfasst wurden. Die verfügbaren Quellen wurden hinsichtlich der verschiedenen Datengrundlagen, Annahmen, Detailgrade und Ergebnisse analysiert. Ziel hierbei war es, einen umfangreichen Überblick über bereits bestehende Erkenntnisse zu Energiebedarfen und Emissionen von Verteiler- und Logistikzentren im Kontext des Onlinehandels zu gewinnen.

Im Allgemeinen ist der Energieverbrauch an Logistikstandorten von einer Vielzahl verschiedener Faktoren abhängig. Diese umfassen zum Beispiel die Größe des Standortes (mengenmäßiger Durchsatz, etc.), die Arbeitsanforderungen und Funktionen des Standortes (Kühlager, Gefahrgut, Anteil an Fläche für längerfristige Lagerung, etc.) sowie die technischen Ausstattungsmöglichkeiten (z.B. Automatisierungsgrad). Dementsprechend kann sich der Energiebedarf bei der Betrachtung verschiedener Standorte stark unterscheiden, sodass auch die Ermittlung entsprechender Emissionen nicht trivial ist (Dobers et al. 2019).

Generell können bei der Betrachtung des Energiebedarfs von Logistikzentren zwei größere, relevante Teilbereiche unterschieden werden (Schrapf und Hartman 2022):

- a) Energiebedarf des Gebäudes zur Aufrechterhaltung des Betriebes (z. B. Beleuchtung und Heizung/Klimatisierung)
- b) Energiebedarf aus Prozessen der Logistiktätigkeiten (z. B. Sortierung und Beförderung von Sendungen)

Wesentliche Energietreiber können hierbei wie folgt definiert werden (Schmied und Knörr 2013; Rüdiger und Dobers 2013):

- Förder-, Transport-, Umschlags- und Sortiereinrichtungen
- Lagertechnik
- Beleuchtung
- Klimatisierung (Heizung/ Kühlung/ Lüftung)
- IKT-Infrastruktur
- sonstige Gebäudeinstallationen (Sicherheitstechnik, elektrische Tore, etc.)
- sonstiges betriebliches Equipment (Hubwagen, etc.)

Eine exemplarische Energieverbrauchsverteilung innerhalb eines Lagers kann somit wie folgt aussehen (Lohre und Poerschke 2019):

- Beleuchtung 33,3 %
- Klimatisierung 5,4 %
- IKT 14,5 %
- Flurförderzeuge 7,0 %
- Fördertechnik automatisch 12,1 %
- Lagertechnik 5,2 %
- Restliche Verbraucher 18,9 %
- Verwaltung 3,5 %

Hierbei ist es wichtig anzumerken, dass diese Verteilung je nach betrachtetem Logistikzentrum sehr unterschiedlich ausfallen kann. Generell werden die Beleuchtung sowie die Prozesse zum Fördern, Lagern und Sortieren in der Literatur jedoch zumeist als Hauptenergietreiber identifiziert (Rüdiger und Dobers 2013).

Eine aktuelle Studie im Auftrag des österreichischen Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie untersuchte die Energieverbräuche entlang exemplarischer Supply-Chains in Österreich (Schrapf und Hartman 2022). Hierbei wird der Anteil der aus den entsprechenden Zentrallagern sowie Umschlagshubs bzw. Verteilerzentren am Gesamtenergieverbrauch entlang der betrachteten Lieferkette (inklusive des Transportes) je nach Szenario (Schnelldreher und Cross-Docking Artikel, normale Lagerartikel, Langsamdreher, Länge der Transportdistanzen) mit 8 bis 27 % angegeben. Ausgehend von den betrachteten Szenarios wurden im Rahmen dieser Studie auch Energieverbrauchskennzahlen (Top-down) für den Umschlag abgeleitet:

- a) Lagerung & Umschlag in einem Zentrallager/Verteilerzentrum: 15,4 kWh pro Europalette
- b) Umschlag in einem Hub: 1,4 kWh pro Europalette

Energiebedarfe und Emissionen verschiedener Logistikzentren wurden auch in einem Forschungsbericht der Technischen Universität München ermittelt, wobei verschiedene Grundmodelle mit variablen Parametern untersucht wurden (Günther et al. 2014). Für weitere Details zu dieser Studie sei auf das folgende Kapitel verwiesen. Aktuellere Werte zu entsprechenden Emissionen werden durch Dobers et al. (2022 und 2023), ausgehend von einer europäischen Marktstudie angegeben. Hierbei wird unterschieden zwischen Logistikzentren mit >80 % (des Volumens) Transshipment, Logistikzentren mit relevanten Anteilen Transshipment und Lagerhaltung, Logistikzentren mit >80 % Lagerhaltung sowie jeweils verschiedene Klimatisierungsbedingungen. Die erhaltenen durchschnittlichen Werte für die Emissionsintensität liegen hierbei zwischen 0,5 und 27,8 kg CO<sub>2</sub>e pro Tonne – je nach Art der betrachteten Logistikzentren sowie der benötigten Klimatisierung (Dobers et al. 2022, 2023). Da es sich hierbei allerdings um vorläufige Ergebnisse handelt, die noch stärkeren Schwankungen unterliegen, sollen sie im Folgenden nicht weiter diskutiert werden.

Spezifische Betrachtungen des Energieverbrauchs von Logistikzentren mit einem direkten Bezug zum Onlinehandel liegen nur vereinzelt vor. Oft wird der Umweltwirkung der Logistikzentren hierbei nur eine untergeordnete Rolle zugesprochen (Zimmermann et al. 2020). Nichtsdestotrotz wird sich in einzelnen Studien zum Onlinehandel auch mit den Emissionen aus Logistikzentren eingehender beschäftigt.

So gibt eine Studie von Oliver Wyman die Emissionen für Lagerung und Lieferung (ohne Transport) für ein durchschnittliches Produkt im Onlinehandel je nach Land und verwendetem Energiemix mit 29 – 233 g CO<sub>2</sub>e an (8-24 % der entsprechenden Gesamtemissionen). Diese Anteile liegen somit in der analogen Größenordnung wie in der oben bereits erwähnten Studie zur Untersuchung exemplarischer Supply-Chains. Für die exemplarische Onlinebestellung eines Buchs in Deutschland wird bei Oliver Wyman zum Beispiel für die Lagerung ein Energieverbrauch von 150 kWh pro m<sup>2</sup> angenommen (wobei pro m<sup>2</sup> zusätzlich die Einlagerung einer Stückzahl von 500 angenommen wird). Für die Emissionen weiterer Sortier- und Verteilzentren werden pauschal 46 g CO<sub>2</sub>e veranschlagt. Insgesamt resultiert dies in der Studie in 224 g CO<sub>2</sub>e, wobei allerdings ein Emissionsfaktor von 0,61 kg-CO<sub>2</sub>e/kWh verwendet wird. Der Gebrauch des in dieser Studie verwendeten Faktors von 0,375 kg-CO<sub>2</sub>e/kWh würde im Gegensatz hierzu in Emissionen in Höhe von 138 g-CO<sub>2</sub>e resultieren. Einer Studie von Zimmermann et al. zufolge (Zimmermann et al. 2020) können die Emissionen aus Lagern und Distributionszentren mit 20-80 g CO<sub>2</sub>e (eigenen Berechnungen basierend auf Nachhaltigkeits- und Geschäftsberichten von Onlinehändler:innen) bzw. 40-120 g CO<sub>2</sub>e (auf Basis einer Studie von

van Loon et al. (van Loon et al. 2015)) pro Bestellung bzw. Produkt abgeschätzt werden. Als pauschaler Durchschnittswert werden durch Zimmermann et al., basierend auf diesen Werten, 70 g CO<sub>2e</sub> angenommen (Zimmermann et al. 2021).

## 4.2.2 Validierung des Wissensstandes und Generierung neuer Erkenntnisse

Ergänzend zu den zuvor beschriebenen Erkenntnissen aus der Literaturrecherche soll im Folgenden eine eigene Top-Down Abschätzung des Energiebedarfs von Logistikzentren bzw. der entsprechenden Emissionsintensität (g CO<sub>2e</sub>/Paket) vorgenommen werden. Anschließend sollen die erhaltenen Ergebnisse mit den in der Literatur bereits ermittelten Emissionen verglichen und eine Bewertung sowie Einordnung der verschiedenen Zahlen durchgeführt werden. Hierbei sollen, wo möglich, aus der Literatur auch Bottom-up-Annäherungen für die Emissionen abgeleitet und den Top-down-Ergebnissen gegenübergestellt werden. Zur abschließenden Validierung der Ergebnisse sollen zudem Geschäfts- und Nachhaltigkeitsberichte verschiedener KEP-Dienstleister bzw. Logistiker ausgewertet werden. Ziel ist es hierbei eine valide und konsistente Datenbasis für die quantitative Bewertung von Energiebedarfen und Emissionszahlen von Verteiler- und Logistikzentren im Kontext des Onlinehandels (für das Referenzjahr 2020) zu schaffen.

Basierend auf einer internen Umfrage bzw. Datenerhebung sowie anschließenden Hochrechnungen konnte in einem Top-down-Verfahren die Emissionsintensität (g CO<sub>2e</sub>/Paket) von Distributions- bzw. Logistikzentren für Post- und Paketdienstleistungen abgeschätzt werden. Hierfür wurden die Emissionen des Jahres 2020, resultierend aus dem Verbrauch an Strom sowie sonstiger (z. B. Heizöl und Fernwärme) von Post und Paketdienstleistern (ohne Transport/Verkehr) verwendeter Energieträger (interne Berechnungen Fraunhofer ISI), bestimmt. Der hierbei erhaltene Wert von ca. 268 000 t CO<sub>2e</sub> wurde anschließend durch das gesamte Paketaufkommen in Deutschland geteilt um die entsprechende Emissionsintensität zu erhalten. Bei Verwendung von 4,05 Mrd. Sendungen für das Jahr 2020 (BIEK 2021a) wird somit eine Emissionsintensität von 66 g CO<sub>2e</sub> pro Paket erhalten (lediglich bezogen auf den Bereich der Post und Paketdienstleister; ohne Transport). Dieser Wert liegt sehr nahe an dem durch Zimmermann et al. angenommenen von 70 g CO<sub>2e</sub> pro Paket und somit auch im Mittelfeld der in der Literatur angegebenen Emissionswerte. Eine Umrechnung der anderen in der Literatur erhaltenen Top-Down-Werte für die Energieverbräuche von Logistikzentren auf die entsprechenden Emissionen pro Paket ist aufgrund der Datenlage nicht zuverlässig durchführbar.

Zur Gegenüberstellung dieser Werte mit Emissionsabschätzungen (pro Paket), die auf Bottom-up-Untersuchungsergebnissen resultieren, soll sich auf die Ergebnisse einer Studie zu energieeffizienten Logistikzentren der Technischen Universität München bezogen werden (Günther et al. 2014). Diese ermittelt die jährlichen Energiebedarfe sowie Emissionen dreier verschiedener exemplarischer Logistikzentren (manuell, halbautomatisch, vollautomatisch, alle betrieben bei 17 °C) unter einer Reihe angegebener Parameter. Aus den Ergebnissen können pro Palette und Umschlag/Logistikzentrum ein Energiebedarf von ca. 4,1 kWh (bei Nutzung der anfallenden Abwärme) abgeleitet werden. Für die Emissionen pro Paket ergeben sich bei der Annahme eines durchschnittlichen Paketgewichtes von 7,4 kg (Ptock 2018) Werte zwischen 20 und 32 g CO<sub>2e</sub>.<sup>26</sup> Je nach durchgeführten Optimierungsmaßnahmen in den verschiedenen betrachteten Logistikzentren können diese Werte nochmals deutlich vermindert werden (siehe unten) (Günther et al. 2014).

---

<sup>26</sup> Hier ist es wichtig anzumerken, dass diese Werte pro Paket je nach angenommenen bzw. tatsächlich durchschnittlichen Paketgewicht stark variieren können und somit lediglich als grobe Anhaltspunkte für eine einfachere Vergleichbarkeit zu anderen Studien und Angaben verstanden werden sollen. Für eine zuverlässigere Einordnung des Energiebedarfs sollten somit weiterhin die Werte pro Palette dienen, die in der oben genannten Studie angegeben werden.

Somit liegen die aus der Bottom-up-Betrachtung erhaltenen Werte bei der Betrachtung einer kompletten Lieferkette mit mehreren Verteiler- bzw. Logistikzentren tendenziell leicht unterhalb, aber in einer Größenordnung mit den Werten aus der Top-down-Analyse. Die Tendenz zu geringeren Werten aus der Bottom-up-Analyse im Gegensatz zu denen aus der Top-down-Analyse ist hierbei eine logische Konsequenz aus der isolierten Betrachtung des Energiebedarfs einzelner modellhafter Logistikzentren anstelle des Gesamtbedarfs aus einer aggregierten und übergreifenderen Branchenbetrachtung.

Auch die Auswertung von Geschäfts- und Nachhaltigkeitsberichten verschiedener KEP-Dienstleister ergibt Emissionen ähnlicher Größenordnung.

- So gibt DPD Gesamtemissionen in Höhe von 0,786 kg CO<sub>2</sub>e pro Paket an. Hiervon entfallen 5 % auf Gebäude und 3 % auf Sonstiges (z. B. On-Site-Logistik), sodass sich für Logistikzentren maximale Emissionen von 63 g CO<sub>2</sub>e ergeben (DPD Group 2021).
- GLS gibt für das Jahr 2019/2020 für die Bereiche Wasser, Strom und Heizung Emissionen von 43726 t CO<sub>2</sub>e an (ca. 5,6 % der Gesamtemissionen), was wiederum in 66 g CO<sub>2</sub>e pro Paket resultiert (General Logistics Systems B.V. 2020) (Gesamtemissionen von ca. 1,2 kg g CO<sub>2</sub>e pro Paket).
- Auf etwas höhere Emissionen kommt die Berichterstattung von UPS, die Gesamtemissionen von 2,51 kg CO<sub>2</sub>e pro Paket (komplette globale Infrastruktur, Jahr 2020) angibt (ups 2022). Hierbei entfallen ca. 6 % auf den Energiebedarf der Standorte (150 g CO<sub>2</sub>e pro Paket).

Insgesamt bestätigen diese Werte ebenfalls die Größenordnung der zuvor erhaltenen und analysierten Emissionen pro Paket. Zudem zeigen sie aber auch nochmals die bereits angesprochene, eher untergeordnete Rolle der Logistikzentren bei der Betrachtung der Gesamtemissionen im Paketversand auf, die vor allem durch den Transport geprägt werden (siehe Kapitel 1).

### **4.3 Ansatzpunkte mit den größten Verbesserungspotenzialen für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit**

Schwerpunkt dieses Arbeitsschrittes ist es, basierend auf den vorherigen Ergebnissen, Hebel und Ansatzpunkte mit den größten Verbesserungspotenzialen im Sinne geringerer Energieverbräuche und Emissionen von Verteiler- und Logistikzentren zu ermitteln. Hierbei sollen auch die Einflüsse von relevanten Maßnahmen, die bereits in anderen Kapiteln betrachtet wurden, auf den Energiebedarf der Verteiler- und Logistikzentren betrachtet werden. Darüber hinaus sollen aber auch speziell für Verteiler- und Logistikzentren relevante Maßnahmen identifiziert sowie verschiedene Rahmenbedingungen betrachtet werden. Im Folgenden werden die drei wichtigsten Ansatzpunkte für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit der Logistikzentren - geordnet nach der antizipierten Stärke der von der Maßnahme ausgehenden Wirkung - einzeln vorgestellt und erläutert.

#### **4.3.1 Entlastung der logistischen Infrastruktur**

Eine angestrebte Entlastung der logistischen Infrastruktur könnte maßgeblich durch eine Verminderung von Retouren und eine Vermeidung von sogenanntem Split-Shipment erfolgen. Auch wenn die beiden im Folgenden diskutierten Ansatzpunkte starke Überschneidungen mit dem Verkehr/Transport und zugehörigen Distributionsthemen haben, sollen hier lediglich die logistischen Infrastrukturen selbst (Distributionszentren, Logistikzentren etc.) Bestandteil der Betrachtung sein. Für die entsprechenden Betrachtungen und Wirkungen mit Bezug auf den Verkehr, sei auf das entsprechende Kapitel 1 (Lieferverkehre) verwiesen.

### **Verminderung von Retouren**

Ein allgemeiner Ansatzpunkt mit dem Potenzial für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit, ist auch für die logistische Infrastruktur die Verminderung von Retouren. So erhöht jede Retoure das allgemeine Sendungsaufkommen sowie die entsprechend anfallenden Emissionen. Im schlechtesten Fall, falls alle bestellten Produkte einer Bestellung retourniert werden und kein nachhaltiges Retourenmanagement stattfindet, durch welches sowieso aktive Infrastrukturen effizienter ausgelastet werden, würden somit alle in den Logistikzentren anfallenden Emissionen im Schnitt verdoppelt werden, ohne dass dem ein erfolgreicher Produkterwerb gegenüberstehen würde (was evtl. weitere Emissionen für Folgebestellungen nach sich zieht). Aber auch bei einer nur teilweise erfolgten Retournierung fallen die entsprechenden Emissionen mehrfach an und es kommt zu einer zusätzlichen Belastung der entsprechend nötigen Distributionsnetzwerke. Dementsprechend ist die Senkung an Retouren ein wichtiger Hebel zur Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit. Somit könnten, neben den Emissionen aus den Logistikzentren vor allem auch die Emissionen aus dem Transport vermindert werden.

### **Vermeidung von Split-Shipment**

Ein weiterer allgemeiner Hebel ist die weitestgehende Vermeidung einer getrennten Versendung mehrerer Produkte einer Bestellung (Fox 2022; Zhang et al. 2021). Neben der Reduzierung nötiger Versandverpackungen sowie entsprechender Emissionen kann dies auch die entsprechende Logistikkette (Transport und Logistikzentren) durch ein verringertes Sendungsaufkommen entlasten und somit die ökologische Nachhaltigkeit erhöhen.

Hierzu können neben den Händler:innen auch die Verbraucher:innen beitragen. Entsprechende Ansatzpunkte wären zum Beispiel unter anderem das Vermeiden von Multi-Item Bestellungen an mehrere Adressen sowie das evtl. nötige Tolerieren längerer Versendungsauern um eine getrennte Produktversendung zu vermeiden. Um solche ökologisch nachhaltigeren Entscheidungen, sowohl mit Bezug auf Retouren als auch Versandoptionen, für die Verbraucher:innen zu ermöglichen, können die Händler:innen wiederum durch das transparente Offenlegen von möglichen Umweltwirkungen oder anderen relevanten Informationen beitragen (Buldeo Rai et al. 2021). Ebenso können entsprechende Entscheidungen mittels nicht-finanzieller Anreize (Nudges) wie z. B. grüne Label oder der entsprechenden Gestaltung der Webseiten (z. B. Reihenfolge der verfügbaren Versandoptionen etc.) befördert werden (Agatz et al. 2020; Buldeo Rai et al. 2021).

## **4.3.2 Ausschöpfung möglicher (Energie-)Effizienzpotenziale**

Neben diesen allgemeineren Ansatzpunkten für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit, die neben den Logistikzentren auch eine unmittelbare Auswirkung auf andere Bereiche des Onlinehandels haben, können auch Ansatzpunkte zu einer ökologischen Optimierung der Logistikzentren selbst identifiziert werden. Diese sollten vor allem bei der Konzipierung neuer Logistikstandorte immer mitgedacht werden, können aber auch bei der Verbesserung bereits bestehender Standorte durchaus einen Einfluss haben.

Von großer Relevanz hierbei sind verschiedenste Energieeffizienzmaßnahmen, die innerhalb von Logistikzentren ergriffen werden können. Dies ist eng verknüpft mit der Implementierung eines möglichen Energiemanagement-Systems oder sogar der Durchführung von Energieaudits sowie der entsprechenden Messung von Energieverbräuchen und Bestimmung relevanter Kennzahlen, was mit einem nicht unerheblichen Aufwand verbunden ist (Schrapf und Hartman 2022; Dobers et al. 2019). Nichtsdestotrotz können solche Maßnahmen nicht nur die ökologische Nachhaltigkeit verbessern und Emissionen vermindern, sondern auch Energiekosten reduzieren und die Wettbe-

werbsfähigkeit stärken (eha 2019). Unterstützen können hierbei diverse Leitfäden (Lohre und Poerschke 2019), aber auch entsprechende ISO Richtlinien (z. B. ISO 50001) (eha 2021) sowie Planungs- und Bewertungstools (Fraunhofer IML 2021).

Relevante Beispiele mit Blick auf die exemplarische Zusammensetzung des Energieverbrauchs eines Lagers (siehe Kapitel 6.2.1) wären hier unter anderem (Lohre und Poerschke 2019):

- Optimierung der Beleuchtung (Austausch der Leuchtmittel hin zu LEDs sowie bedarfsgerechte und zentral gesteuerte Beleuchtungsanlagen)
- Wechsel hin zu/Verwendung energieeffizienter Geräte und Fördertechniken (so kann ein Elektrostapler gegenüber einem Dieselstapler um die 50 % Emissionen einsparen – bzw. bis zu 100 % bei der Verwendung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen)
- Optimierung der Haustechnik (z. B. Belüftung und Klimatisierung) sowie Intralogistik

Abgesehen von der Ausschöpfung solcher eher technischer Effizienzpotenziale kann auch die allgemeine Optimierung des Betriebes z. B. durch die Beseitigung technischer Mängel oder organisatorischer Probleme (Verkürzung nötiger Wege, bedarfsgerechte Ansteuerungen, Vermeiden von Lastspitzen) sowie die Optimierung einzelner Prozesse (z. B. Öffnungsdauer von Hallentoren) einen positiven ökologischen Einfluss haben (Schrapf und Hartman 2022). Ein aktuelles Beispiel aus der wissenschaftlichen Literatur zu der Optimierung solcher Prozesse befasst sich zum Beispiel mit der Anordnung von Arbeitsplätzen in robotergestützten Fulfillment-Systemen (Zhu und Li 2022).

### 4.3.3 Entwicklung der Logistikzentren zu Prosumenten

Ein letzter, sehr bedeutender Hebel hin zu einer Verringerung der Emissionen und einer größeren ökologischen Nachhaltigkeit ist der Schritt hin zum Prosument und somit zu Selbsterzeugung von Energie. Neben der Photovoltaik-, sind hier vor allem Solarthermie- oder Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen denkbar (Lohre und Poerschke 2019).

Eine exemplarische Quantifizierung möglicher Optimierungspotenziale wird in der bereits diskutierten Studie (Günther et al. 2014) für verschiedene Logistikzentren durchgeführt. So können hierbei die Emissionen durch eine Optimierung der Intralogistik, Gebäudetechnik und Gebäudehülle sowie das Installieren von Photovoltaikanlagen auf verfügbaren Flächen (Dach und Fassade) um 105 % (manuelle Lagerhalle), 92 % (halbautomatisches Logistikzentrum) und 75 % (vollautomatisches Logistikzentrum) vermindert werden. Dies entspricht einer Absenkung der entsprechenden Emissionen (siehe Seite 69) von 20 bis 32 g CO<sub>2</sub>e pro Paket sowie Logistikzentrum auf maximal 8 g CO<sub>2</sub>e und zeigt nochmals deutlich den Einfluss von Energieeffizienzmaßnahmen auf die Emissionen von Logistikzentren. So ist für die manuelle Lagerhalle im Rahmen dieser Betrachtung sogar eine CO<sub>2</sub>-neutrale Klimabilanz erreichbar, während dies für die halbautomatischen und vollautomatischen Zentren unter den gegebenen Parametern aufgrund des erhöhten Energiebedarfs der Intralogistik nicht möglich ist (Günther et al. 2014). Nur durch die Optimierung der Intralogistik an sich können im Gegensatz hierzu die Emissionen auf 19 bis 24 g CO<sub>2</sub>e pro Paket und Logistikzentrum vermindert werden. Generell sinkt zudem der Einfluss des Gebäudes selbst auf die Emissionen mit zunehmendem Automatisierungsgrad der Logistikzentren deutlich (80 % Anteil bei manuellen, 30 % Anteil bei halbautomatischen, 16 % Anteil bei vollautomatischen Logistikzentren unter den betrachteten Parametern).

Dies macht die Erschließung von Energieeffizienzpotenzialen sowie die stetige Durchführung von Prozessoptimierungen mit Hinblick auf die Intralogistik von hoch-automatisierten Logistikzentren - auch aufgrund deren erhöhten Energiebedarfs - nochmals deutlich relevanter. Für weitere Details zu den jeweils angenommenen Optimierungen und Maßnahmen sei hier auf die entsprechende Studie verwiesen (Günther et al. 2014).

## 4.4 Zwischenfazit

Eine Top-down Betrachtung der Energieverbräuche von Logistikzentren ergab **Emissionen in Höhe von 66 g CO<sub>2</sub>e pro Paket**. (Ein im privaten PKW zurückgelegter Personenkilometer führt zu Emissionen in Höhe von 162 gCO<sub>2</sub>e., siehe Tabelle 1, und damit zu mehr als der doppelten Menge). Die Größenordnung dieses Wertes konnte bei Vergleichen mit der Literatur sowie der Auswertung verschiedener Geschäfts- und Nachhaltigkeitsberichte von KEP-Dienstleistern plausibilisiert werden. Für die Bottom-up-Betrachtung ergaben sich Werte von 20-32 g CO<sub>2</sub>e pro Paket und durchlaufendem Logistikzentrum. Bei der Betrachtung eines kompletten Bestellvorganges, bei dem ein Paket in der Regel mehrere Stationen durchläuft (siehe Kapitel 4.1), passen die resultierenden Werte somit auch zu den zuvor diskutierten. Generell können sich solche Emissionen allerdings je nach den involvierten Logistikzentren und hiermit verbundenen Faktoren wie der Größe des Standortes (mengenmäßiger Durchsatz, etc.), den Arbeitsanforderungen und Funktionen des Standortes (Art der Sendungen, Kühllager, Gefahrgut, Anteil an Fläche für längerfristige Lagerung, etc.) sowie der technischen Ausstattung (z. B. Automatisierungsgrad) und bereits ergriffenen Optimierungsmaßnahmen stark unterscheiden.

Wie gezeigt werden konnte, spielen die Emissionen aus Logistikzentren bei der Betrachtung ganzer Distributionsnetzwerke zumeist eine eher untergeordnete Rolle (Seven Senders GmbH 2022a). Zudem wird der Bereich stetig optimiert, sodass z. B. auch die Betrachtung der Ausschöpfung möglicher (Energie-)Effizienzpotenziale bereits seit vielen Jahren eine Rolle spielt. Dennoch können auch hier - nach wie vor - relevante Anhaltspunkte zur Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit identifiziert werden, die sowohl bei Konzipierung neuer Standorte, aber auch bei der Optimierung bestehender Zentren berücksichtigt werden sollten. Hierbei können diverse Richtlinien und Bewertungstools unterstützen und den jeweiligen Betreiber:innen behilflich sein. Beispiele hierfür sind ISO Normen (z. B. ISO 50001) (eha 2021), Leitfäden aus der Forschung oder aber auch von Verbänden und anderen Institutionen (Dobers et al. 2019; Lohre und Poerschke 2019) sowie Planungs- und Bewertungstools (Fraunhofer IML 2021; Günther et al. 2014).

Wichtige Maßnahmen sind hierbei unter anderem die Optimierung (sowohl durch die Verwendung energieeffizienterer Geräte als auch durch die Optimierung von Prozessen) von Beleuchtungssystemen (z. B. Wechsel zu energieeffizienten LEDs) oder auch der Intralogistik sowie der Gebäudetechnik.

Um Emissionen von Logistikzentren weiter zu vermindern, sollte zudem die Eigenerzeugung von Energie (z. B. die Installation von Photovoltaikanlagen auf verfügbaren Flächen wie Dach und Fassade sowie die Nutzung von Abwärme) - wann immer möglich - in Betracht gezogen werden. Laut Untersuchungen durch Günther et al. können bei Berücksichtigung all dieser Aspekte die Emissionen beträchtlich vermindert (< 8 g CO<sub>2</sub>e pro Paket und Logistikzentrum) bzw. unter Umständen auch CO<sub>2</sub>-neutrale bzw. energiepositive Standorte realisiert werden (Günther et al. 2014).

Abgesehen von diesen Maßnahmen, die direkt auf die Logistikzentren abzielen, können auch allgemeinere Maßnahmen zu Verringerung von Retouren oder der Vermeidung von Split-Shipments die Distributionsnetzwerke entlasten und somit zu einer stärkeren ökologischen Nachhaltigkeit beitragen. Ein wichtiger Ansatzpunkt hierfür ist die Bereitstellung entsprechender Informationen und Auswahlmöglichkeiten für die Kund:innen sowie das Sichtbarmachen von relevanten Umweltwirkungen.

## 5 Neue Geschäftsmodelle

---

### 5.1 Ziele und Vorgehensweise

In diesem Kapitel wird dargestellt, inwieweit sich neu aufkommende Geschäftsmodelle bezüglich ihrer ökologischen Nachhaltigkeit vom herkömmlichen Onlinehandel unterscheiden. Dabei liegt der Fokus auf den Bereichen Lieferverkehre, Versandverpackungen und digitale Infrastruktur, die bereits in den Abschnitten 1 bis 3 für den herkömmlichen Onlinehandel betrachtet wurden.

Im Einzelnen werden Geschäftsmodelle der Onlinebestellung mit lokaler zeitnaher Lieferung bzw. "Instant Delivery" (wie z. B. "Gorillas", "Flink", "flaschenpost"), Re-Commerce-Plattformen (wie z. B. "eBay", "rebuy") und das Konzept "Retail-as-a-Service" (wie z. B. "Vaund", "urbanbird") betrachtet.

### 5.2 Validierung des Wissensstandes und Generierung neuer Erkenntnisse

Zunächst wurden mittels einer Literatur- und Datenrecherche die Unterschiede der ausgewählten Geschäftsmodelle und die damit verbundenen Auswirkungen auf die ökologische Nachhaltigkeit analysiert. Aufgrund der geringen Datenverfügbarkeit wurden zusätzlich Interviews mit Experten aus den Bereichen Re-Commerce und Retail-as-a-Service geführt (Interviewanfragen im Bereich Instant Delivery blieben erfolglos). Aus wissenschaftlicher Sicht sind derzeit nur wenige quantitativ auswertbare Daten verfügbar, weshalb hauptsächlich beispielhafte Betrachtungen durchgeführt wurden.

#### 5.2.1 Instant Delivery

Unter dem Begriff "Instant Delivery" werden in diesem Bericht Angebote im Onlinehandel mit kurzer Lieferzeit im Bereich von zehn Minuten bis wenigen Stunden am Tag der Bestellung bezeichnet (HDE-Online Monitor 2023). Dies umfasst insbesondere Online-Supermärkte und Lebensmittellieferdienste wie z. B. "Gorillas", "Flink" oder "Bringmeister". Diese können sich u. a. im Sortiment (Teil- bis Vollsortiment eines Supermarkts: Trockenwaren, Frische- und Tiefkühlartikel, Drogerieartikel), der Regelung zur Lieferzeit (teilweise Buchung eines Zeitfensters für die Lieferung) und der Transportmittel (E-Bikes, Lieferwagen) unterscheiden, wodurch unterschiedliche Anforderungen an die Transportart entstehen. Insbesondere gekühlte Waren nehmen hier eine Sonderrolle ein. Der Marktanteil des Onlinehandels am Umsatz mit Lebensmitteln in Deutschland ist in den letzten Jahren gewachsen (von einem Marktanteil von 0,8 % im Jahr 2015 auf 2,9 % in 2022). Es wird davon ausgegangen, dass dieses Wachstum weiter anhält (IFH Köln 2023).

#### **Unterschiede bzgl. ökologischer Nachhaltigkeit zum herkömmlichen Onlinehandel**

Instant-Delivery-Geschäftsmodelle unterscheiden sich vom herkömmlichen Onlinehandel insbesondere bezüglich der Lieferverkehre und der Versandverpackungen. Insbesondere die Logistik hat einen großen Einfluss auf die Umweltauswirkungen dieses Geschäftsmodells, wobei die Lagerung und die Auslieferung wesentliche Faktoren in Abgrenzung zum herkömmlichen Onlinehandel sind (Scherf und Kampffmeyer 2020). Die Auslieferung der Waren erfolgt häufig mit Fahrrädern (E-Bikes, Cargobikes), teilweise auch mit Rollern bzw. E-Scootern oder Lieferwagen.<sup>27</sup> Dadurch besteht im Allgemeinen das Potenzial, Treibhausgasemissionen im Einkaufsverkehr einzusparen. Allerdings

---

<sup>27</sup> Z. B. E-Bikes bei "Gorillas", E-Bikes und E-Scooter bei "Getir" und Lieferwagen bei "Bringmeister", siehe <https://gorillas.io/de/manifest>, <https://getir.com/de/faq.html> und <https://www.bringmeister.de/ueber-uns/nachhaltigkeit>

kann auch zusätzlicher Verkehr verursacht werden: Um die kurzen Lieferzeiten zu ermöglichen, sind lokale Zwischenverteilzentren notwendig, die geringere Lagerkapazitäten haben als stationäre Supermärkte, weshalb sie bei hoher Nachfrage mehrmals am Tag beliefert werden müssen (Supermärkte werden werktäglich mit frischen Waren beliefert), was i. d. R. mit Transportern oder Lkw erfolgt<sup>28</sup>. Eine weitere Auswirkung der kurzen Lieferzeiten ist, dass kaum eine Bündelung von Lieferungen und somit kaum eine Routenoptimierung möglich ist. Dies ist insbesondere für die Auslieferung mittels Transporter bzw. Lieferwagen entscheidend, denn die fehlende Bündelung sorgt für eine geringe Auslastung der Lieferfahrzeuge, so dass sich die Umweltwirkung pro Sendung erhöht (Zimmermann et al. 2021).

Für die Verpackung der Waren zur Auslieferung wird in den meisten Fällen eine Papiertüte verwendet, manche Anbieter nutzen aber auch wiederverwendbare Taschen oder Mehrwegkisten mit Pfandsystem (Kampffmeyer et al. 2021; Scherf und Kampffmeyer 2020).<sup>29</sup> Papiertüten sind im Allgemeinen leichter als Versandkartons und benötigen weniger Material und haben dadurch geringere Umweltauswirkungen. Beispielsweise entstehen durch die Herstellung von Papiertüten aus Kraftpapier mit einem Volumen im Bereich 6-10 l ca. 14-23 g CO<sub>2</sub>-Äquivalente,<sup>30</sup> wohingegen die Herstellung einer Faltschachtel mit einem Volumen von 2,4 l bereits 21 g verursacht (siehe Abbildung 14). Ebenso wie bei Versandverpackungen im herkömmlichen Onlinehandel sind auch hier die Materialauswahl (PPK/LVP, Anteil Sekundärmaterial) und für Mehrwegverpackungen zusätzlich die Umlaufzahl und die Rückführungslogistik wichtige Einflussfaktoren der ökologischen Auswirkungen (vergleiche Abschnitt 2.2).

Für gekühlte Waren kommen zusätzliche Anforderungen bei der Lagerung und dem Transport hinzu. So ist zum einen in den Zwischenverteilzentren eine Kühlung erforderlich und für die Auslieferung sind entweder Lieferfahrzeuge mit Kühlaggregat oder zusätzliche Thermoverpackungen notwendig.

## Generierung neuer Erkenntnisse anhand von Beispielrechnungen

Aufgrund der grundsätzlichen Unterschiede bezüglich Transportmittel, Warenmengen und Distanzen werden Instant-Delivery-Dienste, die ihre Waren mit elektrisch unterstützten **Fahrrädern (Pedelecs)** ausliefern (z. B. "Flink", "Gorillas", "Getir") und solche, die **Lkw** benutzen (z. B. "Rewe", "Bringmeister", "Flaschenpost") hier getrennt betrachtet.

Zu genauen Fahrleistungen von **Fahrrad-Lieferdiensten** gibt es kaum verfügbare Daten. Daher wird hier anhand öffentlich verfügbarer Daten am Beispiel des Anbieters "Gorillas", der mittlerweile Teil der Getir Germany GmbH ist, eine Näherungsrechnung angestellt.

Beispielhaft werden zwei Liefergebiete in Berlin-Kreuzberg und Karlsruhe-Mühlburg untersucht. Die Umriss der Liefergebiete sind auf der Homepage ersichtlichs<sup>31</sup>. Die Adressen des Lieferdienstes werden anhand von online verfügbaren Quellen ermittelt (siehe Abbildung 22). Im nächsten Schritt wird im Programm arcGIS der Umriss der Liefergebiete über der jeweiligen Stadtkarte<sup>32</sup> nachgebildet und als Polygon gespeichert. Anhand dieser Polygone konnte mit dem Python-Tool OSMNX (Boeing 2017) aus öffentlich verfügbaren Open-Street-Map-Daten ein Netzwerk-Modell der mit

<sup>28</sup> Siehe <https://www.myhomebook.de/service/lebensmittel-liefern-lassen-nachhaltig>

<sup>29</sup> Siehe auch <https://futuremoves.com/lieferdienste-gorillas-flink/> und <https://www.knuspr.de/seite/faq>

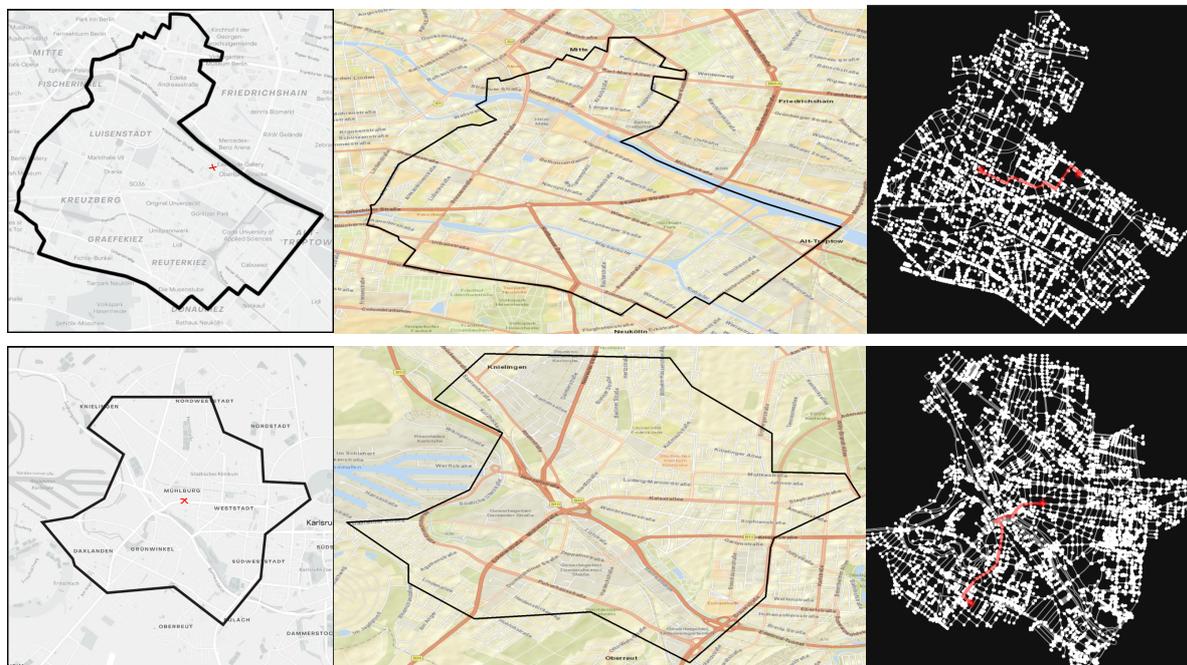
<sup>30</sup> Papiertragetaschen aus Kraftpapier siehe <https://www.natuerlich-verpacken.de/Kartonverpackungen/Papiertragetaschen> und THG-Emissionen zur Herstellung von Kraftpapier siehe <https://www.papiersack.de/ein-sack-voll-ideen/umwelt-nachhaltigkeit/co2-bilanz/>

<sup>31</sup> Siehe <https://gorillas.io/de/liefergebiete>

<sup>32</sup> ArcGIS World Street Map (Esri, DeLorme, HERE, USGS, Intermap, iPC, NRCAN, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri (Thailand), MapmyIndia, TomTom)

dem Fahrrad befahrbaren Wege und Straßen innerhalb beider Liefergebiete erstellt werden. In diesem wurde die durchschnittliche Fahrstrecke von den Standorten zu allen Wohngebäuden innerhalb des Liefergebiets bestimmt.

**Abbildung 22: "Gorillas"-Liefergebiete in Berlin-Kreuzberg und Karlsruhe-Mühlburg**



Oben: Standort Berlin-Kreuzberg: Köpenicker Str. 186, unten: Standort Karlsruhe-Mühlburg: Rheinstr. 10  
 Links: Darstellung auf der "Gorillas"-Homepage mit eingezeichnetem Filial-Standort (rot), Mitte: Nachgezeichnetes Polygon auf der unprojizierten Straßenkarte in ArcGis, Rechts: OSMNX-Straßen-Netzwerk-Modell mit Beispiel eines Lieferwes (rot)  
 Quellen: Getir Germany GmbH 2023; Der Tagesspiegel 2021; Mühlburg-Live, Google Maps, ArcGis, Boeing 2017

In Karlsruhe-Mühlburg beträgt die durchschnittliche Entfernung zu den Kund:innen 1,7 km, in Berlin-Kreuzberg sind es 2,2 km. Wird ein Viertel der versprochenen Lieferdauer von 10 Minuten für die Zusammenstellung und Übergabe der Lieferung veranschlagt, muss der Fahrradfahrer bzw. Rider diese Entfernung mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 14 km/h bzw. 18 km/h zurücklegen. Bei der maximalen Entfernung von 3,4 km in Karlsruhe-Mühlburg (3,9 km in Berlin-Kreuzberg) ist für die Einhaltung der Frist schon ein Schnitt von sportlichen 27 km/h bzw. 31 km/h notwendig. Insofern überraschen die durch die Stiftung Warentest (2023) ermittelten tatsächlichen Lieferdauern von 10 bis 38 Minuten nicht.

Die durchschnittlichen THG-Emissionen eines Pedelecs werden von Krauss et al. (2022) auf 5,6 gCO<sub>2</sub>e/km beziffert. Da die durch die Lieferdienste genutzten Pedelecs beladen sind und aufgrund des Zeitdrucks mit maximaler Unterstützung und hoher Geschwindigkeit unterwegs sind, wird hier näherungsweise der doppelte Wert von 11,2 gCO<sub>2</sub>e/km angesetzt. Demnach verursacht eine durchschnittliche Lebensmittellieferung in den beiden Liefergebieten inkl. Hin- und Rückweg ca. 38 gCO<sub>2</sub>e bzw. 48 gCO<sub>2</sub>e. Eventuelle Zusammenfassungen von Bestellungen sind hierbei nicht berücksichtigt.

Ein wichtiger Faktor ist der Anlieferverkehr zu den Filialen der Lieferdienste. Aufgrund der geringen Lagerflächen müssen regelmäßig Waren aus den Hauptlagern nachgeliefert werden, unter Umständen mehrmals am Tag.<sup>28</sup> Aufgrund der fehlenden Verfügbarkeit von Daten können hierzu jedoch keine quantitativen Angaben gemacht werden.

Auch zu zeitnahen **Lebensmittellieferungen mit dem Lkw** sind nur wenige Daten vorhanden. Aus öffentlich verfügbaren Daten von der Homepage des Anbieters "flaschenpost"<sup>33</sup> lässt sich allerdings auch hier eine Näherungsrechnung anstellen. Bei 30 Liefergebieten mit insgesamt 11.000 km<sup>2</sup> Fläche beträgt die durchschnittliche Fläche eines Gebietes 367 km<sup>2</sup>. Dies entspricht einem Radius, also einer maximalen Entfernung, von 10,8 km. Bei einer angenommenen gleichmäßigen Verteilung der Kund:innen auf das Liefergebiet beträgt die durchschnittliche Entfernung dem Radius des Kreises mit der halben Fläche des Liefergebietes und somit 7,6 km.

Bei einer versprochenen Lieferdauer von 2 Stunden wird angenommen, dass nur Bestellungen, die innerhalb einer halben Stunde im selben Liefergebiet getätigt werden, zusammengefasst werden können. Dies sind bei jährlich 10 Mio. Bestellungen in 30 Liefergebieten und Lieferzeiten von 90 Stunden pro Woche (Mo.-Sa., 8:00 – 23:00 Uhr) 36 Lieferungen je halbe Stunde und Liefergebiet. Werden diese gleichmäßig im angenommenen kreisförmigen Liefergebiet mit dem Radius von 10,8 km verteilt, so ergibt sich ein durchschnittlicher Abstand der Kund:innen von 3,0 km<sup>34</sup>.

Im nächsten Schritt wurde wiederum anhand des Python-Tools OSMNX ein Faktor für die Abschätzung der tatsächlich zu fahrenden Strecken aus der Luftlinien-Entfernung berechnet. Hierfür wurde exemplarisch die Entfernung vom "flaschenpost"-Firmensitz in Münster zu jedem Gebäude innerhalb der Stadt Münster auf der schnellsten Straßenroute und in Luftlinie berechnet. Daraus wurde das durchschnittliche Verhältnis zwischen Fahrstrecke und Luftlinie berechnet. In Münster beträgt dieses Verhältnis 1,32. Dieser Wert wird für alle Liefergebiete angenommen. Beispielrechnungen für Berlin zeigen, dass dieser Faktor in größeren Städten etwas geringer sein kann, allerdings ist Münster aufgrund der flächenmäßigen Ähnlichkeit zum durchschnittlichen deutschen Liefergebiet ein gutes Beispiel.

"flaschenpost" liefert in Kleintransportern mit 3,5 Tonnen zulässigen Gesamtgewichts, von denen einige batterieelektrisch fahren (BEV)<sup>35</sup>. Das Zusammenlegen von Lieferungen kann dabei grundsätzlich Emissionen einsparen. Durch die kurze Lieferfrist und die kleinen Fahrzeuge ist dieses Potenzial allerdings begrenzt. Bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 20 km/h auf Hauptstraßen deutschen Großstädten<sup>36</sup> ist eine Bündelung von fünf Kunden in zwei Stunden realistisch. Bei längeren Lieferzeiten oder höherer Flexibilität der Kund:innen könnten auch mehr Lieferungen zusammengefasst werden.

In Tabelle 14 sind die Emissionen je Lieferung und durch Lieferungszusammenlegung entstehende Einsparpotenziale dargestellt. Die Emissionswerte sind analog zu Abschnitt 3 aus dem Astra-Modell (TRT, M-Five, Fraunhofer ISI 2020) entnommen und mit Vorkettenemissionen aus Umweltbundesamt (2022a) und Doll et al. (2020) ergänzt. Deutlich wird, dass selbst mit dem hier verwendeten Strommix von 2021 der THG-Ausstoß bei Lieferung mit BEV gegenüber von Dieselfahrzeugen um rund zwei Drittel geringer ist. Die bereits begonnene Elektrifizierung der letzten Meile stellt folglich einen erheblichen Hebel zur Senkung der THG-Emissionen dar.

Andere Lieferdienste wie beispielsweise "Rewe" und "Bringmeister" nutzen auch größere Fahrzeuge (7,5 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht) mit deutlich höheren Emissionen, haben aufgrund der deutlich längeren Lieferfrist allerdings auch ein höheres Potenzial zur Zusammenlegung von Lieferungen.

---

<sup>33</sup> Siehe <https://www.flaschenpost.de/newsroom/zahlen-fakten>

<sup>34</sup> Siehe <https://math.stackexchange.com/q/1887499>

<sup>35</sup> Siehe <https://www.flaschenpost.de/newsroom> und Stiftung Warentest 2023.

<sup>36</sup> Nach Einwohnerzahl gewichteter Mittelwert aus <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1079302/umfrage/durchschnittliche-fahrgeschwindigkeit-zur-hauptverkehrszeit-in-deutschen-grossstaedten/>

**Tabelle 14: Emissionen und Zusammenlegungspotenziale bei "flaschenpost"**

Anzahl Kunden je Umlauf	Strecke [km]	Emissionen Diesel [gCO <sub>2</sub> e]		Emissionen BEV [gCO <sub>2</sub> e]	
		insgesamt	je Kunde	insgesamt	je Kunde
1	20.2	5812	5812	1896	1896
2	24.4	7040	3520	2297	1148
3	28.7	8267	2756	2697	899
4	32.9	9495	2374	3098	774
5	37.2	10722	2144	3498	700
6	41.5	11949	1992	3899	650
7	45.7	13177	1882	4299	614

Quelle: Eigene Berechnungen.

Im zusammenfassenden Vergleich von Fahrrad- und LKW-nutzenden Lieferdiensten kann festgehalten werden, dass die Emissionswerte der Fahrzeug-nutzenden Lieferdienste deutlich höher liegen als die der Fahrrad-Lieferdienste. Allerdings muss auch beachtet werden, dass bei Fahrrad-Lieferdiensten wie "Gorillas" der durchschnittliche Einkaufswert 21,50 € beträgt (manager magazin 2021) und das Gewicht je Lieferung beschränkt ist,<sup>37</sup> so dass tendenziell eher Fuß- und Radwege ersetzt werden, die keinen erheblichen THG-Ausstoß hervorgerufen hätten, und das Potenzial für Emissions-Einsparungen (auch bei einer Skalierung des Geschäftsmodells) daher eher gering einzuschätzen ist.

Andere mit Kleintransportern arbeitende Anbieter wie "flaschenpost", deren Mindestbestellwert bei 29 Euro liegt (Stiftung Warentest 2023), liefern hingegen durchschnittlich 6,3 Getränkekisten pro Bestellung aus<sup>38</sup>, hinzu kommen weitere Supermarktartikel, so dass davon ausgegangen werden kann, dass hier tatsächlich Wege ersetzt werden, welche die Kund:innen sonst mit einem motorisierten Fahrzeug (mit entsprechenden Emissionen) zurückgelegt hätten. Den deutlich höheren Emissionen der Lkw-Lieferung - im Vergleich zum Fahrrad bzw. Pedelec - stehen demnach ebenfalls höhere Liefermengen (die tendenziell eine motorisierte Einkaufsfahrt der Kund:innen ersetzen können) gegenüber.

**Die durchschnittlichen Emissionen eines Einkaufsweges für Waren des täglichen Bedarfs, durchgeführt durch einen Kunden selbst, betragen circa 616 g CO<sub>2</sub>e**, was ziemlich genau den Emissionen eines BEV mit 7 Kunden im Umlauf entspricht (siehe Tabelle 14). Dabei werden 40 % dieser Einkaufswege emissionsfrei, d.h. zu Fuß oder mit dem Fahrrad durchgeführt sowie 3 % mit dem ÖPNV, wobei es sich tendenziell um kleinere Mengen handelt. Die restlichen 57 % der Wege für Einkäufe des täglichen Bedarfs werden mit dem Pkw erledigt. Wobei es sich nicht nur um größere Einkäufe wie z.B. Getränkekisten handelt.<sup>39</sup> Dabei werden je Weg durchschnittlich ca. 5,9 km zurückgelegt und 1055 g CO<sub>2</sub>e ausgestoßen. Dabei wären 70 % der Einkäufe des täglichen Bedarfs theoretisch auch auf dem Fahrrad und somit auch durch Fahrradlieferdienste transportierbar (Lebensministerium Österreich 2010).

<sup>37</sup> Siehe <https://gorillas.io/de/blog/11-dinge-die-du-ueber-gorillas-wissen-musst> und Stiftung Warentest 2023.

<sup>38</sup> Siehe <https://www.flaschenpost.de/newsroom/zahlen-fakten>

<sup>39</sup> Modal Split und Entfernungen aus den Rohdaten der MiD (Nobis und Kuhnimhof 2018) Emissionsfaktoren aus [Emissionsdaten | Umweltbundesamt](#)

Entscheidend für eine Emissionsreduktion wäre also der möglichst **flächendeckende Einsatz von BEV** durch die Instant-Delivery-Anbieter sowie eine möglichst **hohe Anzahl von Kund:innen je Umlauf** mit jeweils **großem Warenkorb**, der einen alternativ erfolgten Wocheneinkauf vollständig ersetzt.

## 5.2.2 Re-Commerce-Plattformen

Unter Re-Commerce-Plattformen werden in diesem Bericht Onlinehandel-Angebote für gebrauchte Waren, wie z. B. Bücher, Unterhaltungselektronik, Textilien etc., zusammengefasst. Darin sind auch Refurbish- oder Reparatur-Ansätze enthalten, bei denen gebrauchte Waren zunächst wiederaufbereitet oder repariert werden, bevor sie erneut verkauft werden. Beispiele für Re-Commerce-Plattformen sind "rebuy", "Back Market" aus dem B2C-Bereich, aber auch Marktplatz-Plattformen, die reinen C2C-Handel (Consumer-to-Consumer) ohne Zwischenhändler ermöglichen, wie "eBay" oder "Vinted".

Der Handel mit gebrauchten Waren nimmt an Bedeutung zu, die Umsätze von Re-Commerce-Plattformen wie "Momox" und "rebuy" sind in den letzten Jahren gestiegen.<sup>40</sup> Im Jahr 2022 betrug der Anteil gebraucht gekaufter Produkte an Onlinekäufen in Deutschland, beispielweise bei Büchern bereits 19 % und bei Fashion 16 % (IFH Köln 2023).

### Unterschiede bzgl. ökologischer Nachhaltigkeit zum herkömmlichen Onlinehandel

Sowohl im Transportaufwand als auch bei den Versandverpackungen und der digitalen Infrastruktur gibt es Unterschiede zwischen Re-Commerce und herkömmlichem Onlinehandel, welche die ökologische Nachhaltigkeit beeinflussen. Hierbei müssen die zwei bereits erwähnten Fälle unterschieden werden:

- Der direkte Verkauf und Versand durch die Vorbesitzenden an die Kund:innen über eine **C2C-Plattform** (z. B. "Vinted", "eBay", "Kleinanzeigen").
- Der Verkauf über eine **B2C-Plattform**, die gebrauchte Waren ankauft, ggf. repariert und wiederaufbereitet (Refurbishment) und dann erneut verkauft (z. B. "rebuy", "Momox", "Refurbed").

Beim Handel mit gebrauchten Waren über B2C-Plattformen entstehen zusätzliche Transporte. Die gebrauchten Waren müssen zunächst zum Händler transportiert werden, bevor sie erneut verkauft und versendet werden. Falls die Waren vor dem Wiederverkauf aufbereitet oder repariert werden, können auch hierfür zusätzliche Transportwege entstehen. Beispielsweise findet beim Unternehmen "rebuy" an den Standorten in Berlin der Qualitätscheck und die Kategorisierung der angekauften Artikel sowie für einen Teil der Artikel auch die Aufbereitung statt. Ein anderer Teil wird am Standort in Posen (Polen) aufbereitet (Transportstrecke ca. 345 km) (rebuy recommerce GmbH 2023).<sup>41</sup> Analog zu Abschnitt 3 werden hier nur die Transporte zwischen Kund:innen und den Annahme- bzw. Versandstandorten der Plattformbetreiber betrachtet.

Die dabei verwendeten Versandverpackungen müssen dieselben Anforderungen wie im herkömmlichen Onlinehandel erfüllen. Allerdings wird für den Versand der gebrauchten Waren zum Händler meist eine bereits vorhandene Versandverpackung von vorherigen Käufen genutzt und keine neue Verpackung gekauft (Experteninterview). Um auch beim Versand der Artikel an die Kund:innen Verpackungsmaterial einzusparen, gibt es Initiativen von Händlern, auch hier gebrauchte Versandverpackungen zu verwenden. Wenn beispielsweise Kund:innen gleichzeitig Artikel verkaufen und kau-

<sup>40</sup> Siehe <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/525643/umfrage/umsatz-von-momox/> und <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/603695/umfrage/umsatz-von-rebuy/>

<sup>41</sup> Siehe auch <https://company.rebuy.com/unternehmen>

fen, wird zunächst der Ankauf abgewickelt und die gekauften Artikel dann in der Versandverpackung an die Kundschaft geschickt, die dieser für den Versand der gebrauchten Artikel an den Händler verwendet hat (Experteninterview).

Mehrwegversandverpackungen nehmen für das Re-Commerce-Geschäftsmodell eine besondere Stellung ein, sie können das Geschäftsmodell unterstützen. Kauft ein Kunde gebrauchte Waren und erhält sie in einer Mehrwegverpackung, kann er diese für den Verkauf seiner gebrauchten Artikel an den Händler nutzen. Dadurch kann die Anzahl an Käufen oder Verkäufen ansteigen (Experteninterview).

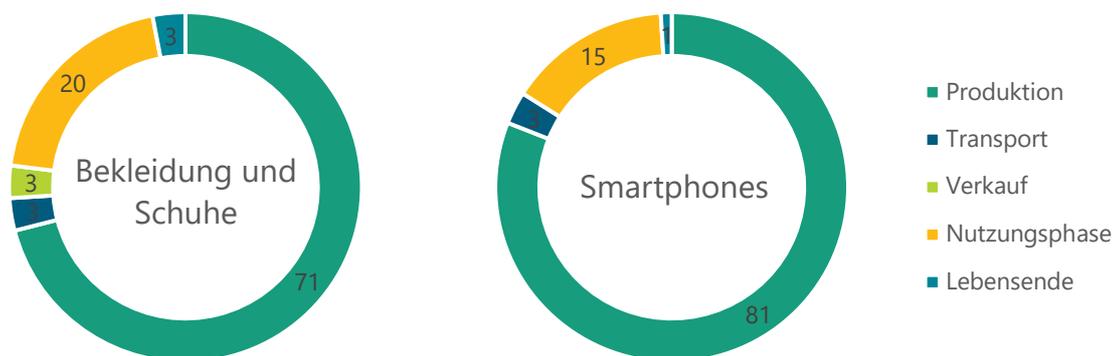
Wichtige Plattformen im Re-Commerce sind auch Marktplätze wie z. B. "eBay", die sowohl C2C- als auch B2C-Handel ermöglichen. Für letztere können Doppelstrukturen bzgl. der digitalen Infrastruktur entstehen, falls einerseits ein eigener Onlineshop vorhanden ist und andererseits auch ein Marktplatz verwendet wird. Der entsprechende Einfluss bei der Gesamtbetrachtung der ökologischen Nachhaltigkeit ist hierbei aber als sehr gering einzuschätzen, so dass die Inanspruchnahme der digitalen Infrastruktur einer möglichen Doppelstruktur nicht vertiefend beachtet werden muss.

Im Allgemeinen sind die Auswirkungen der Produktherstellung für den Handel mit gebrauchten Waren die wichtigste Größe bzgl. der ökologischen Nachhaltigkeit. Gerade hier sind signifikante Einsparungen möglich, insbesondere aufgrund der Lebensdauererlängerung der Waren und der damit verbundenen Vermeidung von Neuproduktion.

### Exkurs: THG-Emissionen neuer und gebrauchter Waren

Die Umweltauswirkungen der Herstellung von Waren liegen außerhalb des Betrachtungsrahmens dieser Studie. Dennoch sind sie wichtig zur Einordnung, da sie für die Nachhaltigkeit beim Handel mit gebrauchten Waren eine große Bedeutung haben. Betrachtet man beispielsweise die globalen Wertschöpfungsketten von Bekleidung und Schuhen, so entfallen 71 % der THG-Emissionen auf die Herstellung und 20 % auf die Nutzungsphase (v. a. durch Waschen). Bei Smartphones entfallen 81 % auf die Herstellung und 15 % auf die Nutzungsphase (v. a. durch Laden) (DHL 2022), siehe Abbildung 23.

**Abbildung 23: THG-Emissionen entlang der Wertschöpfungskette (in %)**



Quellen: nach DHL (2022)

Werden gebrauchte Artikel (mit oder ohne Aufbereitung) mit Hilfe von Re-Commerce-Plattformen wiederverwendet bzw. wiederverkauft, können Umweltauswirkungen deutlich verringert werden. Bezieht man alle Produktlebensphasen mit ein (Herstellung, Verkauf, Transport, Nutzungsphase, Entsorgung), so hat z. B. gebrauchte Kleidung nur 30 % der THG-Emissionen eines neuen Artikels

(bzw. 45 % bei refurbished-Artikel) und ein gebrauchtes Smartphone nur 25 % der THG-Emissionen eines neuen (bzw. 45 % bei refurbished-Artikel) (DHL 2022).

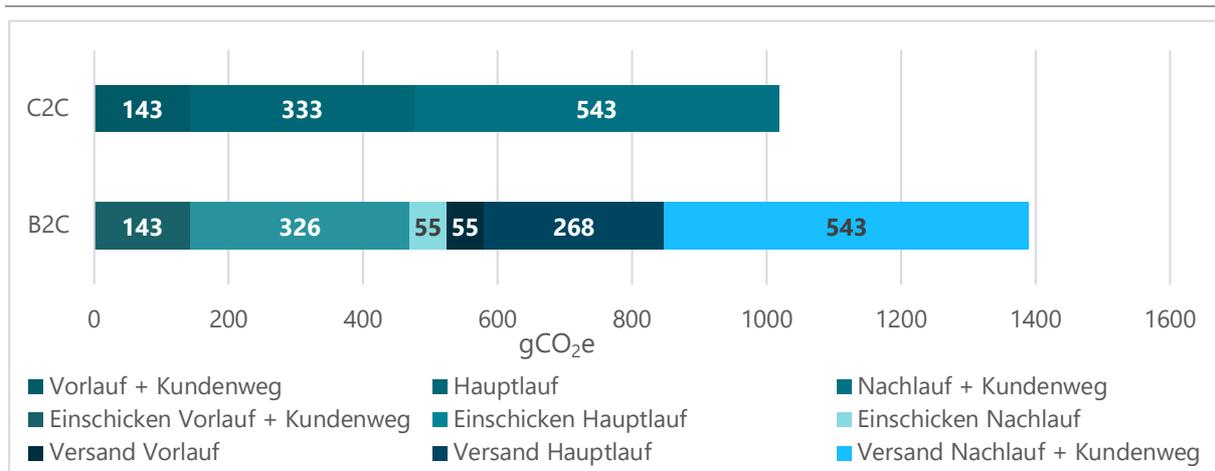
### Generierung neuer Erkenntnisse durch Beispielrechnungen

Im Fall des Direktverkaufs und -versands zwischen Konsument:innen (in der Regel durch **eine C2C-Plattform** vermittelt) handelt es sich um eine C2C-Sendung. Diese unterscheidet sich von den in Abschnitt 1 errechneten Lieferkettensvarianten insofern, als dass hier die Pakete nicht in einem Logistikzentrum gesammelt und verladen, sondern von Privatpersonen weggebracht oder von einem Paketboten abgeholt werden. Hier ist also nicht nur die letzte Meile zu betrachten, sondern auch die erste. Für die erste Meile werden die gleichen Wege und Emissionen angenommen wie für die Einlieferung einer Retoure durch Kund:innen (vergleiche Tabelle 7 in Abschnitt 1). **Insgesamt fallen damit durchschnittlich 1.019 gCO<sub>2</sub>e je Sendung an** (siehe Abbildung 24).

Bei der Bewertung der THG-Emissionen, die durch die Auslieferung online bestellter gebrauchter Waren verursacht werden, wird auf den Bezugsrahmen und die Methodik aus Abschnitt 1 zurückgegriffen. Im Fall des Verkaufs an eine **Re-Commerce-Plattform (B2C)** entstehen zunächst Transportemissionen durch den Transport vom Vorbesitzenden zum Standort des ankaufenden Unternehmens. Diese können in der Logik der Berechnungen in Abschnitt 1 wie eine Retoure betrachtet werden. Oft übernimmt das Unternehmen auch das Porto. Die durch das Einschicken der Ware entstehenden Emissionen betragen demnach durchschnittlich 524 gCO<sub>2</sub>e. Die Auslieferung der Ware verursacht wiederum Transportemissionen wie ein in Abschnitt 1 betrachtetes Paket. Diese betragen 866 gCO<sub>2</sub>e. **Insgesamt werden für die Bestellung 1.390 gCO<sub>2</sub>e Transportemissionen auf den Wegen zwischen Konsument:innen und den Lagern der Re-Commerce-Anbieter ausgestoßen.** (siehe Abbildung 24).

Viele Waren, vor allem aus dem Segment Unterhaltungselektronik, werden an anderen Standorten (teilweise im Ausland) aufbereitet. Diese Transporte liegen jedoch außerhalb der in Abschnitt 1 definierten Systemgrenzen und werden im Rahmen dieser Studie nicht betrachtet, ebenso wie der Transport von Neuwaren zum Warenlager der Online-Händler.

**Abbildung 24: Vergleich der THG-Emissionen durch Lieferverkehre von C2C- und B2C-Plattformen**



Quelle: Fraunhofer ISI

Vergleicht man die durch die Lieferverkehre hervorgerufenen THG-Emissionen von C2C- und B2C-Plattformen, zeigt sich, dass C2C-Lieferungen mit 1.019 gCO<sub>2</sub>e je Sendung aufgrund des direkten Lieferweges leicht besser abschneiden als B2C mit 1.390 gCO<sub>2</sub>e je Sendung (siehe Abbildung 24).

In vielen Fällen ist der Umweg über einen Refurbisher jedoch notwendig, um Wiederverwendbarkeit und Kundenakzeptanz sicherzustellen.

Der ökologische Vorteil der Wiederverwendung, ermöglicht durch digitale C2C und B2C-Plattformen, wiegt die genannten Emissionen dabei bei weitem auf. Grundsätzlich können Re-Commerce-Plattformen (sowohl C2C als auch B2C) durch die Verlängerung des Produktlebenszyklus einen wichtigen Beitrag für die Kreislaufwirtschaft liefern, indem sie die über sie gehandelten Produkte einer weiteren Nutzung zugänglich sowie eine Neuproduktion damit (zumindest temporär) überflüssig machen.

### 5.2.3 Retail-as-a-Service (RaaS)

Das Konzept "Retail-as-a-Service", kurz RaaS, (Norby et al. 2020) beschreibt eine Mischform des Onlinehandels und des stationären Handels und adressiert insbesondere hochpreisige Technik- und Lifestyle-Artikel, sowohl von Start-Ups als auch von etablierten Herstellern. Das Ladengeschäft dient dabei als Präsentationsfläche der Artikel. Der Fokus liegt nicht auf dem Produktverkauf, sondern auf der Produktpräsentation, dem Kundenerlebnis und der Kundenberatung. Der Kauf des Produkts erfolgt dann i. d. R. über eine Onlineplattform (des Herstellers oder des RaaS-Anbieters). RaaS-Angebote scheinen somit insbesondere für den Direktvertrieb von Waren wichtig zu sein und weniger für die Händler:innen.

Der Betreiber des RaaS-Angebots nimmt die Rolle eines Dienstleisters für die Artikelhersteller ein: Diese mieten lediglich für eine gewisse Zeit einen Teil der Präsentationsfläche im Ladengeschäft, das operative System stellt der RaaS-Anbieter (Miete des Geschäfts, Beratung im Geschäft etc.). Beispiele sind "The Latest", "Vaund" oder "urbanbird". Ein Hauptaspekt des RaaS-Konzeptes ist auch das Generieren von Kund:innendaten. Dafür werden die Ladengeschäfte mit zusätzlicher Sensorik ausgestattet, um die Kund:innengruppen und das Kund:innenverhalten zu analysieren. Beispielsweise können Geschlecht, Altersklasse, Laufweg, Besucherzahl oder durchschnittliche Verweildauer (im gesamten Ladengeschäft oder an einzelnen Präsentationstischen) erhoben werden.<sup>42</sup> Laut eines Experteninterviews besteht hierfür in Deutschland aber bislang keine Nachfrage auf Seiten der Unternehmen, die RaaS als Dienstleistung in Anspruch nehmen, da insbesondere etablierte Unternehmen ihre Kund:innengruppen bereits sehr gut kennen bzw. über ihre Onlineplattformen selbst Daten zu ihren Kund:innengruppen erheben.

#### **Unterschiede bzgl. ökologischer Nachhaltigkeit zum herkömmlichen Onlinehandel**

Für RaaS-Geschäftsmodelle können einige Unterschiede zum herkömmlichen Onlinehandel bezüglich der betrachteten Dimensionen der ökologischen Nachhaltigkeit beobachtet werden.

Im Bereich der Verkehre kann es zu zusätzlichen Transportemissionen kommen. Die Produkte werden i. d. R. über den Onlinehandel bestellt. Eine solche Online-Bestellung im Rahmen von RaaS unterscheidet sich hinsichtlich des Transportaufwandes für die Versendung der Ware nicht vom herkömmlichen Onlinehandel. Allerdings ist die Retourenquote, aufgrund der Möglichkeit Waren vor der Bestellung an- und auszuprobieren und damit Fehlkäufe zu vermeiden, als deutlich geringer einzuschätzen. Dies gilt allerdings nur, falls die Ware in der gewünschten Größe und Ausführung im besuchten Ladengeschäft vorhanden ist.

Wichtig ist jedoch zu erwähnen, dass die Lieferung hier nicht den beispielsweise in DCTI (2015), Oliver Wyman (2021) und Zimmermann et al. (2021) beschriebene Kund:innenverkehr ersetzt, son-

---

<sup>42</sup> Siehe z. B. <https://www.channelpartner.de/a/ist-retail-as-a-service-die-zukunft-des-ce-handels,3339325> und <https://www.ab-satzwirtschaft.de/retail-as-a-service-the-latest-verdient-mit-daten-statt-mit-waren-226902/>

dern zusätzlich anfällt, denn die Kund:innen besuchen wie im stationären Handel auch das Ladengeschäft. Es entsteht also auch der damit verknüpfte Verkehr, was zu zusätzlichen Emissionen führt. Auch der Energiebedarf der genutzten Ladenfläche ist – gegenüber dem herkömmlichen Onlinehandel – als zusätzlich einzustufen. Nur hinsichtlich der Belieferung des Geschäfts fällt der Verkehr geringer aus, da nur Auschauungsexemplare vorgehalten werden.

Da RaaS als Geschäftsmodell so angelegt ist, dass oft auch die Generierung von Kund:innendaten ein wichtiger Bestandteil ist (bislang nur eine geringe Nachfrage hiernach, da die vorliegenden Datensätze noch zu klein sind (Experteninterview)) könnte auch die digitale Infrastruktur betroffen sein. So kann die benötigte Hardware (Sensoren, Kameras, etc.) – im Vergleich zur herkömmlichen Ladeninfrastruktur des stationären Handels – unter Umständen zusätzliche Energiebedarfe und somit auch größere Umweltauswirkungen erzeugen. Bzgl. der hierbei ebenfalls nötigen Datenauswertung ist unklar, ob diese sich von den bisherigen Bedarfen an digitaler Infrastruktur im bestehenden Onlinehandel unterscheidet. Insgesamt kann aber davon ausgegangen werden, dass diese zusätzlichen Verbräuche durch die digitale Infrastruktur nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Inwiefern diese **ökologischen Nachteile**, wie **zusätzliche Energiebedarfe** und die damit verknüpften **zusätzlichen Verkehre** (zum Aufsuchen des RaaS-anbietenden Ladengeschäfts) sich durch mögliche **ökologische Vorteile** des Geschäftsmodells (z. B. **Reduktion möglicher Fehlkäufe**, v. a. in Bezug auf Kleidung, und eine damit verbundene **sinkende Retourenquote**) kompensieren lassen, lässt sich anhand der vorhandenen Datenlage derzeit nicht quantitativ abschätzen, so dass eine abschließende Aussage hinsichtlich der ökologischen Nachhaltigkeit nicht getroffen werden kann.

## 5.2.4 Vergleich der Geschäftsmodelle

Die hier betrachteten drei neuen Geschäftsmodelle weisen bzgl. der ökologischen Nachhaltigkeit einige Unterschiede zum herkömmlichen Onlinehandel auf. Zusätzliche Einsparungen könnten sich durch gänzlich andere Produktionsweisen ergeben, wie z. B. eine "On\_Demand-Produktion".

### Exkurs: On-Demand-Produktion

Das Konzept der On-Demand-Produktion beschreibt das Vorgehen, dass Produkte nur dann produziert werden, wenn sie benötigt werden, wodurch eine Lagerhaltung entfällt. Dieses Konzept ist auch für die Nachhaltigkeit des Onlinehandels von Bedeutung, denn ein wichtiger Baustein für die Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit ist die Reduktion von Überproduktionen. Dies verhindert nicht nur die aus der Herstellung resultierenden Emissionen, sondern auch Emissionen, die bei der Entsorgung solcher (unter Umständen dann niemals genutzten) Produkte anfallen.

Ein wichtiges Beispiel ist hier unter anderem die Modeindustrie. So wird angenommen, dass 30 % der weltweit hergestellten Kleidung niemals verkauft wird.<sup>43</sup> In diesem Kontext kann die vermehrte Einführung von On-Demand-Produktion (z. B. im Rahmen neuer Geschäftsmodelle) einen deutlichen Beitrag zur ökologischen Nachhaltigkeit und der Etablierung einer Kreislaufwirtschaft leisten (DHL 2022).

Als eine wichtige aufstrebende Technologie, die unter anderem auch zur Etablierung entsprechender Geschäftsmodelle beitragen könnte, sollte an dieser Stelle noch der 3D-Druck genannt werden. Dieser kann sowohl neue Optionen in Bezug auf die Möglichkeiten zur On-Demand-Produktion bieten als auch zur Reduzierung verschiedener Liefer- bzw. Transportwege

<sup>43</sup> Siehe <https://fashionunited.uk/news/fashion/infographic-the-extent-of-overproduction-in-the-fashion-industry/2018121240500> <https://fashionunited.uk/news/fashion/infographic-the-extent-of-overproduction-in-the-fashion-industry/2018121240500>

beitragen (z. B. durch die lokale On-Demand Produktion von nötigen Bau- bzw. Ersatzteilen) (Verhoef et al. 2018; Peng et al. 2018).

In Anlehnung an die Abschnitte 1 bis 3 wurden insbesondere die Bereiche Lieferverkehre, Versandverpackungen und digitale Infrastruktur untersucht. Die ermittelten Unterschiede werden in Tabelle 15 als Übersicht der vorangegangenen Abschnitte kurz und bündig zusammengefasst, wobei positive Aspekte in Grün und abträgliche Aspekte in Rot gehalten sind.

**Tabelle 15: Unterschiede der betrachteten Geschäftsmodelle zum herkömmlichen Onlinehandel bzgl. ökologischer Nachhaltigkeit**

Geschäftsmodell	Lieferverkehre	Versandverpackungen	Digitale Infrastruktur
<b>Instant Delivery</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrsmittel: überwiegend Fahrrad (E-Bikes, Cargobikes), teilweise BEV-Kleintransporter</li> <li>• ggf. zusätzlicher Verkehr durch Belieferung von Zwischenverteilzentren</li> <li>• aufgrund geringen Zeitfensters kaum Bündelungen von Lieferungen möglich</li> <li>• Potenzial zur Ersetzung eines Wocheneinkaufs bei großem Warenkorb ausgeliefert mit BEV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• häufig Papiertüte</li> <li>• teilweise Mehrwegkisten</li> </ul>	-
gekühlte Waren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ggf. Kühlaggregat notwendig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ggf. Thermo-Verpackung</li> </ul>	-
<b>Re-Commerce-Plattformen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transportaufwand = Retoure + Versand</li> <li>• ggf. zusätzliche Transporte durch Aufbereitung/Reparatur</li> <li>• Durch Verlängerung des Produktlebenszyklus wichtiger Beitrag für Kreislaufwirtschaft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versand der gebrauchten Waren an Händler überwiegend in gebrauchten Versandverpackungen</li> <li>• Versand der Waren an Kunden teilweise in gebrauchten Versandverpackungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• teilweise Doppelstrukturen durch Onlineshop des Hersteller + Verwendung von Marktplätzen</li> </ul>
<b>Retail-as-a-Service</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fahrleistung Einzelhandel + Versand</li> <li>• Weniger Retouren</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zusätzliche Hard- und Software zur Datenerfassung</li> </ul>

## 5.3 Ansatzpunkte mit den größten Verbesserungspotenzialen für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit

Viele der bereits in den Abschnitten 1 (Lieferverkehre), 2 (Verpackungen) und 3 (digitale Infrastruktur) diskutierten Ansätze zur Reduktion der Umweltauswirkungen des herkömmlichen Onlinehandels sind auch bei den betrachteten neuen Geschäftsmodellen relevant.

Im Bereich **Verkehr** gelten nach wie vor die in Abschnitt 1 genannten Ansatzpunkte. Dies gilt vor allem für Re-Commerce und RaaS, die ebenfalls in Form von Paketsendungen abgewickelt werden. Für Instant Delivery sind vor allem Elektrifizierung und Routenoptimierung relevant.

Im Bereich der **Versandverpackungen** können ebenso wie beim herkömmlichen Handel insbesondere die Materialauswahl (Materialeinsparungen, hoher Anteil an Recyclingmaterial) und der Einsatz von Mehrwegversandverpackungen (unter Berücksichtigung der Umlaufzahl und Rückführungsdisanz) die Umweltauswirkungen verringern (siehe Abschnitt 1). Mehrwegversandverpackungen haben allerdings für Re-Commerce-Anbieter eine andere Bedeutung als für den herkömmlichen Onlinehandel. Sie können das Geschäftsmodell unterstützen, falls ein Kunde sowohl kauft als auch verkauft und dadurch ggf. eine größere Kundenakzeptanz für Mehrwegverpackungen (und dadurch ggf. auch eine höhere Umlaufzahl und damit eine bessere Umweltbilanz) erreichen.

Im Bereich der **digitalen Infrastruktur** konnten keine signifikanten Unterschiede der neuen Geschäftsmodelle zum herkömmlichen Onlinehandel festgestellt werden. Die Ansatzpunkte aus Abschnitt 3 gelten auch hier. So kann etwa eine Erhöhung der Nutzungsintensität und -dauer der Endgeräte, eine stärkere Nutzung von Skalierungseffekten, Transparenzmaßnahmen zur Sichtbarmachung von Umweltwirkungen oder energieeffizientere Rechenzentren wichtige Stellhebel zur Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit sein.

Zusätzlich zu den aufgeführten eher allgemeinen Ansatzpunkten, lassen sich aber auch ein paar spezifische bzw. ausschließlich für die vorgestellten neuen Geschäftsmodelle geltenden, ergänzende Ansatzpunkte nennen.

### 5.3.1 Bündelung von Lieferungen für Instant Delivery

Aufgrund der kurzen Lieferzeiten ist eine Bündelung bei Instant Delivery nur begrenzt möglich. Hierdurch kommt es zu vermeidbaren Strecken, die zusätzliche THG-Emissionen erzeugen. Bei Lebensmittellieferungen per Kleintransporter oder Lkw sind diese Emissionen deutlich relevanter als bei Lieferungen mit dem Pedelec. Bei letzteren entsteht der Druck zur Bündelung von Lieferungen eher aufgrund der hohen Personalkosten (Handelsblatt 2022; manager magazin 2021). Dass aber auch die Bündelung von Lebensmittellieferungen mit Transportern oder Lkw für Kosteneinsparungen sorgen können, zeigt der Lieferdienst "picnic", der keine festen Lieferzeitpunkte nennt, dafür aber auf Liefergebühren verzichten kann (manager magazin 2021).

Insgesamt müssen Lieferdienste, auf zwei wie auch auf vier Rädern, einen tragfähigen Kompromiss zwischen der Befriedigung des Kundenwunsches nach schnellen und flexiblen Lieferungen auf der einen Seite sowie der Reduktion von Emissionen und Kosten durch Bündelung auf der anderen Seite finden.

### 5.3.2 Einrichtung von Ladezonen

Ladezonen für den städtischen Lieferverkehr, wie im vorliegenden Entwurf für eine Änderung der StVO als ordnungsrechtliche Neuerung vorgesehen, in denen Park- bzw. Halteverbote ausgewiesen werden, können nicht nur Verkehrsstörungen und Unfallgefahren verkleinern (Deutscher Städtetag

et al. 2018), sondern auch Umwege und Parkplatzsuchverkehr und somit THG-Emissionen vermeiden. Besonders wichtig ist dies für motorisierte Lebensmittel-, insbesondere Getränkelieferungen. Insgesamt kommen städtische Ladezonen jedoch allen Varianten der hier oder in Abschnitt 1 beschriebenen Lieferverkehre zugute.

### 5.3.3 RaaS an verkehrsgünstigen Standorten

Wie zuvor beschrieben, besteht zwar das Risiko, dass durch RaaS zusätzlicher Verkehr entsteht (Transportaufwand durch Onlinebestellung und Kund:innenverkehr im stationären Handel) und dadurch zusätzliche Verkehrsemissionen verursacht werden. Das Geschäftsmodell könnte aber auch positive Auswirkungen bzgl. der ökologischen Nachhaltigkeit haben. Durch die Chance, Waren vor der Bestellung an- und ausprobieren zu können, könnte die Retourenquote reduziert werden.

Insgesamt könnten RaaS-Ladengeschäfte an gut gewählten Standorten mit ohnehin hohem Publikumsverkehr, hoher Laufkundschaft und einem hohen Anteil emissionsfreier Fortbewegungsarten zu einer Reduktion der THG-Emissionen führen. Umgekehrt können RaaS-Ladengeschäfte attraktiver Onlinehändler zur Belebung von Ortszentren führen, die wiederum den Zuzug weiterer Geschäfte nach sich ziehen und weitere Einkaufswege überflüssig machen könnten.

## 5.4 Zwischenfazit

Die drei betrachteten neuen Geschäftsmodelle Instant Delivery, Re-Commerce und Retail-as-a-Service (RaaS) unterscheiden sich in den Bereichen Lieferverkehre, Versandverpackungen und digitale Infrastruktur in einigen Aspekten vom herkömmlichen Onlinehandel. Dennoch sind die Auswirkungen dieser Unterschiede auf die ökologische Nachhaltigkeit (im Vergleich zum herkömmlichen Onlinehandel) als vergleichsweise gering einzuschätzen.

Im Bereich der Lieferverkehre kann es bei allen drei betrachteten Geschäftsmodellen zu zusätzlichen Emissionen kommen: durch die Belieferung der Zwischenverteilzentren und die geringe Möglichkeit der Bündelung von Lieferungen bei Instant Delivery, durch zusätzliche Transportwege zur Wiederaufbereitung im Re-Commerce und durch die Kombination von Onlinehandel und stationärem Handel bei RaaS, bei dem sowohl der Kund:innenverkehr als auch der Lieferverkehr im Onlinehandel entsteht.

Ein wichtiger Ansatzpunkt zur Verringerung der ökologischen **Auswirkungen der Lieferverkehre** ist auch hier, wie in Abschnitt 1 (Lieferverkehre) bereits beschrieben, die **Elektrifizierung des Verkehrs**, insbesondere der letzten Meile, Z.B. bei der zeitnahen Auslieferung von Lebensmitteln mit dem LKW. Außerdem kann die **Bündelung von Lieferungen** und die **Einrichtung von Ladezonen** positive Effekte haben. Auch wenn Re-Commerce zu erhöhten Lieferverkehren führt, kann davon ausgegangen werden, dass die THG-Vermeidung durch die Lebensdauererlängerung von Waren und die dadurch vermiedene Neuproduktion zusätzliche Emissionen in den meisten Fällen ausgleichen, so dass dieses Geschäftsmodell insgesamt als positiv für den Klimaschutz einzuschätzen ist.

Für die **Versandverpackungen** sind kaum Unterschiede erkennbar. Beim Konzept der Instant Delivery werden i. d. R. Papiertüten zur Auslieferung verwendet, die aufgrund des geringeren Materialaufwands geringere THG-Emissionen aufweisen als Versandkartons. Allerdings können diese Papiertüten auch als zusätzlich anfallende Verpackungen angenommen werden, wenn als Alternative der Einkauf in einem stationären Supermarkt betrachtet wird (vorausgesetzt bei diesem Einkauf werden bereits vorhandene Taschen/Beutel verwendet und keine neuen Papier-/Kunststofftüten gekauft). Auch für die neuen Geschäftsmodelle sind die Ansatzpunkte zur Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit des herkömmlichen Onlinehandels relevant (siehe Abschnitt 2.3): die Reduktion des Verpackungsverbrauchs im Allgemeinen, die Optimierung bzgl. der Materialauswahl

(Anteil Recyclingmaterial, Auswahl Papier/Pappe oder Kunststoffe), Transparenz und Informationsbereitstellung gegenüber Konsument:innen und der Einsatz von Mehrwegversandverpackungen.

Mehrweglösungen können für Re-Commerce-Geschäftsmodelle eine besondere Stellung einnehmen, da sie das Geschäftsmodell unterstützen können, indem An- und Verkauf gebrauchter Waren kombiniert wird, wodurch die Anzahl der leer verschickten Verpackungen reduziert werden könnte. Außerdem kann angenommen werden, dass Mehrwegverpackungen bei Kund:innen in diesem Geschäftsbereich eine höhere Akzeptanz finden, was die Umlaufzahl der einzelnen Verpackungen erhöhen kann.

Im Bereich der **digitalen Infrastruktur** konnten die wenigsten Unterschiede festgestellt werden. Zwar besteht im Bereich des Re-Commerce die Möglichkeit, dass Doppelstrukturen bestehen, z. B., weil Händler sowohl einen eigenen Onlineshop besitzen, als auch ihre Waren auf einem Online-Marktplatz anbieten. Die Auswirkungen können aber als gering eingeschätzt werden, insbesondere im Vergleich zu den ökologischen Auswirkungen der Produktherstellung bzw. der Vermeidung von Neuproduktion, was beim Handel mit gebrauchten Waren den wichtigsten Aspekt darstellt. Auch im Bereich von RaaS können zusätzliche Bedarfe in der digitalen Infrastruktur anfallen. Ein wesentlicher Bestandteil des RaaS-Konzeptes ist die Generierung von Kund:innendaten, wofür zusätzliche Hardware (Sensoren, Kameras, etc.) in den Geschäften nötig ist. Derzeit gibt es in Deutschland nach diesem Bestandteil des Geschäftsmodells allerdings noch keine Nachfrage.

Zusammenfassend kann somit festgehalten werden:

- **Instant Delivery** birgt ein Potential für größere ökologische Nachhaltigkeit, unter der Voraussetzung, dass durch die Instant-Delivery-Anbieter ein flächendeckender Einsatz von BEV sowie eine möglichst hohe Anzahl von Kund:innen je Umlauf mit jeweils großem Warenkorb erfolgt, der einen jeweils alternativ erfolgten Wocheneinkauf möglichst vollständig ersetzt.
- **Re-Commerce-Plattform** (sowohl C2C als auch B2C) können durch die Verlängerung des Produktlebenszyklus einen wichtigen Beitrag für die Kreislaufwirtschaft liefern, indem sie die über sie gehandelten Produkte einer weiteren Nutzung zugänglich sowie eine Neuproduktion damit (zumindest temporär) überflüssig machen.
- Bei **RaaS** ist eine abschließende Aussage schwierig, da sich ökologische Nachteile (z.B. zusätzliche Energiebedarfe und zusätzlichen Verkehre), mit möglichen ökologischen Vorteilen des Geschäftsmodells (z. B. sinkende Retourenquote) anhand der vorhandenen Datenlage derzeit nicht quantitativ abschätzen lassen.

## 6 Nachhaltige Konsumententscheidungen im Onlinehandel

---

### 6.1 Ziele und Vorgehensweise

Das Ziel dieses Kapitels ist es, mögliche Stellhebel für eine nachhaltige Gestaltung des Onlinehandels zu identifizieren. Nachhaltige Gestaltung bedeutet dabei, dass Händler:innen nachhaltigere Konsumententscheidungen ihrer Kund:innen ermöglichen. "Nachhaltiger Konsum heißt heute so zu konsumieren, dass die Bedürfnisbefriedigung heutiger und zukünftiger Generationen unter Beachtung der Belastbarkeitsgrenzen der Erde nicht gefährdet wird." (Bundesministerium für Umwelt et al. 2019). Dabei ist es wichtig anzuerkennen, dass jegliche Art von Konsum Ressourcen verbraucht und es daher kein Produkt gibt, das per se als „nachhaltig“ bezeichnet werden kann. Aus diesem Grund sollte Konsum bedürfnisorientiert sein. In diesem Fall ist es jedoch möglich, die Nachhaltigkeit von Produkten im Vergleich miteinander zu bewerten, indem man die Einhaltung bestimmter sozialer und ökologischer Kriterien betrachtet.

Hiervon gibt es eine große Anzahl, z.B. diejenigen, die bei ökologischen oder sozialen Lebenszyklusanalysen herangezogen werden oder bei der Vergabe von Siegeln<sup>44</sup> (Kaltschmitt und Schebek 2015). Beispiele für nachhaltigere Produkte sind u.a. solche, die unter fairen Arbeitsbedingungen hergestellt werden oder möglichst wenig Wasser, Energie und Primärressourcen in der Herstellung benötigen. Nachhaltigere Produkte sollten darüber hinaus möglichst langlebig und gut reparierbar sein, wodurch sie erst nach langer Zeit ersetzt werden müssen und damit eine Konsumminderung zur Folge haben. Vereinfachend wird im Folgenden jedoch ein nachhaltiges Produkt als solches definiert, welches bei der Einhaltung anerkannter sozialer und/oder ökologischer Kriterien deutlich besser abschneidet als andere Produkte derselben Kategorie.

Die Verantwortung für den nachhaltigen Konsum "an sich" teilen sich somit die Hersteller, Händler:innen und Konsument:innen - aber auch staatliche oder überstaatliche Institutionen. Bei vielen Ansatzpunkten zur Gestaltung eines zukunftsfähigen Konsums ist es deshalb notwendig, alle Beteiligten miteinzubeziehen. Im Umkehrschluss bedeutet es auch, dass, wenn Interessensgruppen nicht beteiligt sind, der Erfolg einer Anpassung stark geschwächt werden kann. Beispiele hierfür sind uneinheitliche Öko-Siegel. Eine staatliche Vorgabe könnte hier hilfreich sein, um für Konsumierende einfache und eindeutige Informationen zu schaffen (vgl. Ansatzpunkt Informationen am POS).

Ein weiteres Beispiel sind sogenannte Eco-Fees. Dies sind Abgaben, die z.B. eine Reduktion von Plastik oder andere ökologische Ziele, beabsichtigen. In der aktuellen Diskussion beziehen sich diese vor allem auf europäische Aktionen wie die EU-Plastikabgabe, welche im Rahmen des Green New Deals in einigen Ländern umgesetzt werden. In Deutschland liegt hierzu noch kein Gesetzesentwurf vor. Es kann allerdings davon ausgegangen werden, dass die Abgabe auf die Herstellenden von Verpackungen umgelegt werden wird im Rahmen eines Anreiz- oder Steuermodells (vgl. <https://packiro.com/de-de/magazin/plastiksteuern-eco-fees>). Eine Umstellung auf Maßnahmen die die Kreislaufwirtschaft fördern, ist deshalb für Unternehmen sinnvoll, um im Falle einer Gesetzgebung vorbereitet zu sein. Aktuell existieren noch keine Studien zu den Auswirkungen von sogenannten Eco-Fees auf Konsumententscheidungen.

Um nun mögliche Stellhebel für die nachhaltige Gestaltung des Onlinehandels für Händler:innen zu identifizieren, werden im ersten Schritt konsumpsychologische Grundlagen aufbereitet. Im Anschluss wird eine systematische Literaturrecherche durchgeführt, um den wissenschaftlichen Stand der Forschung darzustellen. Diese wird ergänzt durch eine graue Literaturrecherche nach dem Schneeballsystem, um den akademischen Blick zu weiten und um Erkenntnisse aus dem politischen

---

<sup>44</sup> Siehe hier z.B. die beschriebenen Kriterien auf der Plattform [www.siegelklarheit.de](http://www.siegelklarheit.de)

und wirtschaftlichen Umfeld zu ergänzen. Basierend auf diesen Erkenntnissen werden abschließend fünf relevante Ansatzpunkte vertieft und hinsichtlich ihrer Wirkung in Richtung Nachhaltigkeit untersucht.

Die Validierung des Wissenstandes wurde in zwei Schritten durchgeführt:

- Aufbereitung des Wissenstandes zur Konsumpsychologie,
- Generierung neuer Erkenntnisse anhand einer systematischen und einer Literaturrecherche nach dem Schneeballsystem.

Basierend auf diesen zwei Schritten wurden die relevanten Ansatzpunkte identifiziert und noch einmal in Hinblick auf ihre Auswirkung in Richtung Nachhaltigkeit untersucht.

## 6.2 Aufbereitung des Wissenstandes

In der Werbe- und Konsumpsychologie ist der individuelle Kaufentscheidungsprozess einer der wesentlichen Betrachtungszustände. Dieser Entscheidungsprozess wird von einer Vielzahl von Faktoren bestimmt, die aus einer Wechselwirkung zwischen Individuum und Umgebung entstehen. Das Ziel des folgenden Kapitels ist es, einen groben Überblick über die in der Fachliteratur diskutierten Einflussfaktoren zu geben, und das davon ausgehende Potenzial für nachhaltigen Konsum zu benennen. Das Kapitel ist untergliedert in die nähere Betrachtung der Kaufentscheidung an sich und den zugrundeliegenden individuellen Faktoren (Emotion, Motivation, Einstellung) sowie den sozialen Faktoren. Die Beschreibung des individuellen Kaufentscheidungsprozesses bezieht sich grundsätzlich zunächst auf den gesamten Handel. Die Besonderheiten des Online-Handels sind als solche gekennzeichnet.

### 6.2.1 Kaufentscheidungen

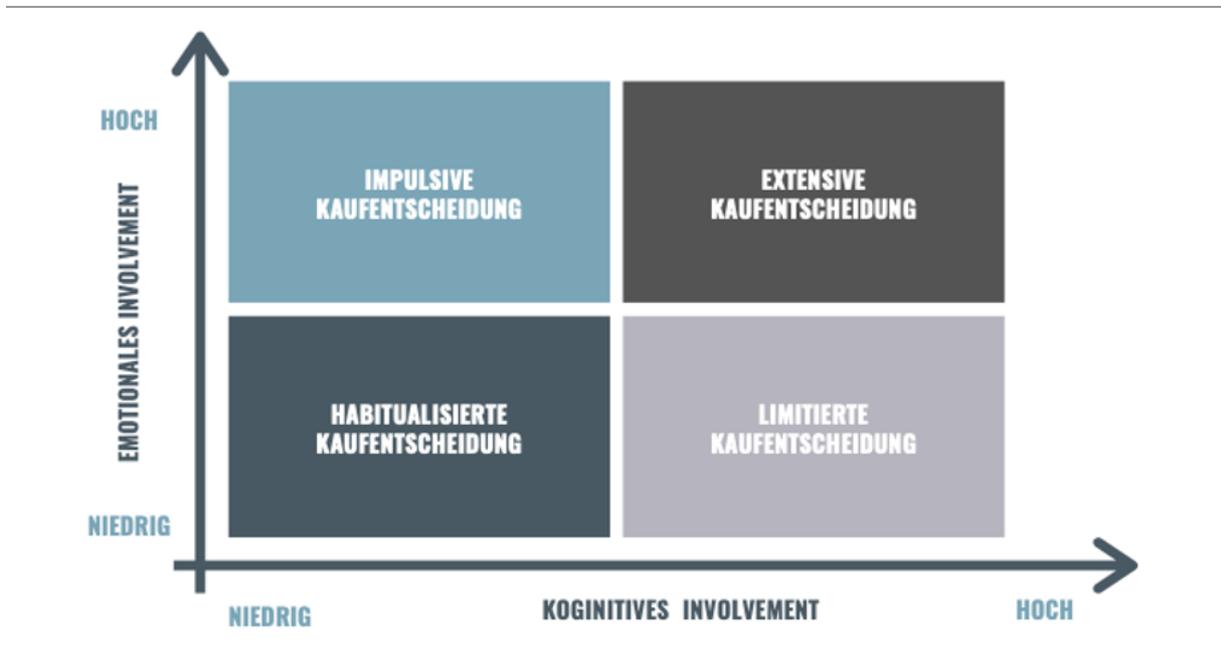
Kaufentscheidungen sind das Resultat der persönlichen Einschätzung und Abwägung von Vor- und Nachteilen eines Kaufobjekts. Es werden dabei vier verschiedene Arten von Kaufentscheidungen unterschieden (siehe Abbildung 25). Bei extensiven Kaufentscheidungen beschäftigen sich die Konsument:innen sehr intensiv mit der Kaufentscheidung, was bedeutet, dass möglichst viele Informationen berücksichtigt werden und der Prozess insgesamt viel Zeit in Anspruch nimmt. Habitualisierte Kaufentscheidungen werden aus Gewohnheit getroffen und sind deshalb weniger zeitintensiv. Sie orientieren sich stark an bereits in der Vergangenheit gefällten Entscheidungen, bzw. Kaufpräferenzen. Bei limitierten (primär rationalen) Kaufentscheidungen werden hauptsächlich die Nutzen-Argumente berücksichtigt, das heißt, dass diese Entscheidungen vor allem kognitiv stattfinden. Die impulsive Kaufentscheidung hingegen entsteht, ohne diese kognitive Komponente, in erster Linie aus dem Affekt heraus.

Für Händler:innen hat die Unterscheidung in verschiedene Arten von Kaufentscheidungen eine hohe Relevanz für die Platzierung und Darstellung ihrer Produkte. Produkte, die z. B. vor allem impulsiv gekauft werden, haben ein großes Potenzial für Fehlkäufe und steigern den Konsum. Gefördert werden diese Impulskäufe durch eine schnelle Abwicklung des Kaufprozesses, welche die kognitive Komponente exkludiert. Ein Stellhebel in Richtung Nachhaltigkeit läge deshalb in der Reduktion von Impulskäufen und damit in der Verlangsamung des Kaufabwicklungsprozesses (sowohl im stationären, wie im Onlinehandel). Kaufentscheidungen könnten dadurch rationaler getroffen werden.

Bei habitualisierten Kaufentscheidungen ist es ebenfalls möglich, den Kaufentscheidungsprozess nachhaltiger zu gestalten. So können nachhaltige Gewohnheiten gefördert werden, zum Beispiel

im Lebensmittel- oder Haushaltsbereich durch personalisierte Erinnerungsmeldungen oder sogenannte Dashbuttons<sup>45</sup>. Bei nicht-nachhaltigen Produkten können habitualisierte Kaufentscheidungen gestoppt werden durch den Einbau von Reflektionsmöglichkeiten im Abwicklungsprozess.

**Abbildung 25: Arten von Kaufentscheidungen**



Quelle: <https://hub.hslu.ch/business-psychology/wp-content/uploads/sites/21/2020/11/Picture-1.png>

Im E-Commerce gibt es zudem einige Besonderheiten im Prozess der Kaufentscheidung. Die vorgeschalteten Prozesse der Werbung und der Produktauswahl können anders als im klassischen Kaufentscheidungsprozess ablaufen (Deges 2020). Ein Beispiel hierfür ist die Möglichkeit im E-Commerce, Kundenrezensionen zu verfassen bzw. auszuwerten. Diese bieten die Möglichkeit Kaufpräferenzen zu verstehen und auch in den Austausch mit Kund:innen zu treten.

Für den grundsätzlichen Prozess der Kaufentscheidung am Point-of-Sale gibt es jedoch viele Gemeinsamkeiten zwischen dem E-Commerce und dem stationären Handel. Dazu gehört die Wirkung von Entscheidungsheuristiken und Urteilsverzerrungen.

## 6.2.2 Entscheidungsheuristiken und Urteilsverzerrungen

Bei der Beurteilung von Produkten werden von Konsument:innen nicht zwangsläufig alle verfügbaren Informationen über Produkt und Hersteller genutzt, da das menschliche Gehirn eine Vielzahl an Selektionsmechanismen bei der Informationsverarbeitung einsetzt. Die Übersicht in Tabelle 15 zeigt, welchen Effekten Konsument:innen bei der Kaufentscheidung unterworfen sein können. Diese gelten, in unterschiedlichem Ausmaß, auch für den E-Commerce.

<sup>45</sup> Die Umsetzung des Dashbuttons ist in Deutschland rechtlich problematisch, da er sich nicht korrekt im Sinne der Informationspflichten gestalten lässt.

**Tabelle 16: Entscheidungsheuristiken und Urteilsverzerrungen bei der Kaufentscheidung**

Effekt	Beschreibung
Verfügbarkeitsheuristik	Leicht zugängliche Informationen werden eher genutzt als schwierig zu erinnernde
Wiedererkennungsheuristik	Bekanntes wird als relevanter eingestuft
Repräsentativitätsheuristik	Die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Gegenstand einer Kategorie angehört, wird nach der Ähnlichkeit beurteilt, die er mit der Kategorie hat
Budgetheuristik	Aufwendungen werden mentalen Kategorien, wie etwa Haushalt, Kleidung o. ä. zugerechnet
Verwässerungseffekt	Informationen, die vorhanden sind werden genutzt, auch wenn sie irrelevant sind
Ankereffekt	Präsentierte "Anker", das heißt besonders einprägsame Faktoren beeinflussen bei Urteilen
Attraktionseffekt	Dritte Optionen erzeugen einen Kontrasteffekt, der leichter gewählt wird
Endowment Effekt	Mögliche Verluste werden höher bewertet als gleichwertige Gewinne
Vergleichsasymmetrien	Gemeinsame Merkmale von Optionen werden aus der Entscheidung "herausgekürzt"
Ursprungsabhängigkeit	Ökonomisch gleichwertige Optionen werden unterschiedlich bewertet, je nachdem, woher sie stammen

Quelle: Felser (2015)

Die hier aufgeführten Entscheidungsheuristiken können ebenfalls für eine Förderung von nachhaltigen Kaufentscheidungen genutzt werden. So sollten die Informationen zur Nachhaltigkeit eines Produktes gut verfügbar sein (Verfügbarkeitsheuristik) und an bereits gekaufte Produkte anknüpfen (Wiedererkennungsheuristik). Bei einer Vielzahl von Alternativen könnte die nachhaltige Alternative als dritte Lösung angeboten werden (Attraktionseffekt) oder der Verlust bei nicht nachhaltigen Produkten betont werden (Endowment Effekt).

Entscheidungsheuristiken und Urteilseffekte sind eine wesentliche Grundlage für den Ansatzpunkt zu Green Nudging (siehe 6.4.3). Gleichzeitig sind sie unbedingt zu beachten bei der Umsetzung von Ansatzpunkt zu Eco-Labeling und Informationen am POS. Einerseits verhelfen mehr Informationen zur mehr Transparenz, andererseits können Konsument:innen nur eine begrenzte Menge an Informationen verarbeiten.

### 6.2.3 Emotion und Motivation

Emotionen und die Bildung von Motivation haben einen starken konsumpsychologischen Effekt. Sie wirken auf die Informationsverarbeitung und sind deshalb vielen Kognitionen vorgeschaltet (Felser 2015). Zwei Faktoren sind für die Gestaltung eines nachhaltigen Konsums von besonderer Relevanz:

- 1) Emotionale Stabilität: Konsum wirkt stimmungsregulierend, das heißt wird zum Abbau von negativer Stimmung ("Frustkauf") oder zum Aufbau von positiver Stimmung ("Belohnungskauf") genutzt. Neurotizismus bezeichnet ein Persönlichkeitsmerkmal, welches sich durch emotionale Instabilität auszeichnet, das bedeutet, dass neurotische Menschen auf der Suche nach stimmungsregulierenden Aktivitäten sind. Personen, mit hohen Neurotizismuswerten neigen deshalb eher dazu, impulsiv einzukaufen oder den Konsum als emotionales Regulativ zu nutzen (Felser, 2021).
- 2) Bedürfnisbefriedigung als zentrale Motivation: Konsumverhalten wird nicht durch physische oder materielle Konsequenzen motiviert, sondern durch Identitätsstiftung und der Befriedigung weiterer psychischer Grundbedürfnisse (Felser, 2021).

Die beiden beschriebenen psychologischen Mechanismen verdeutlichen, dass das nachhaltige Ziel einer Konsumminderung durch Emotionen erschwert werden kann. Das liegt daran, dass Konsum den Zweck der Emotionsregulation haben kann und somit losgelöst von rationalen Urteilen ist. Diese wären aber für ein Konsumverhalten notwendig, welches den Kauf kritisch hinterfragt und abwägt. Das Potenzial, diesen Dilemmata zu entgehen liegt darin, die psychischen Mechanismen im Sinne der Nachhaltigkeit zu nutzen. Das bedeutet, dass eine rationale Urteilsfindung im Kaufentscheidungsprozess unterstützt und emotionale oder impulsive Käufe gehemmt werden sollten.

Um die Entscheidung für ein nachhaltigeres Produkt bei einer gegebenen Produktauswahl zu stärken, könnte z. B. emotionalere Werbung speziell für die nachhaltigeren Alternativen gemacht werden<sup>46</sup>. Die instrumentelle Motivation für nachhaltigere Kaufentscheidungen lässt sich auch von der Überzeugung, durch den eigenen Beitrag einen positiven Einfluss auszuüben und etwas bewegen zu können, ableiten. Durch nachhaltigere Konsumententscheidungen haben Konsument:innen die Möglichkeit das eigene Selbstbild zu verbessern (vgl. (Schleer 2014). Konsument:innen können daher durch die Berücksichtigung ökologischer und sozialer Aspekte bei Kaufentscheidungen selbst profitieren. Dieser persönliche Nutzen entsteht durch den Einfluss auf die Gesellschaft, den Abbau des schlechten Gewissens, die Steigerung der Selbstachtung und durch die moralische Differenzierung von anderen (vgl. (Schleer 2014) S. 56).

Emotionen und Motivationen sind eine wesentliche Grundlage für die zielgerichtete Aufbereitung und Darstellung von Informationen am Point-of-Sale. Das Wissen kann deshalb zum Beispiel für Ansatzpunkt "Eco-Labeling und Informationen am POS" (siehe 6.4.4) aber auch für Ansatzpunkt "Personalisierung & Gamification" (siehe 6.4.1) herangezogen werden.

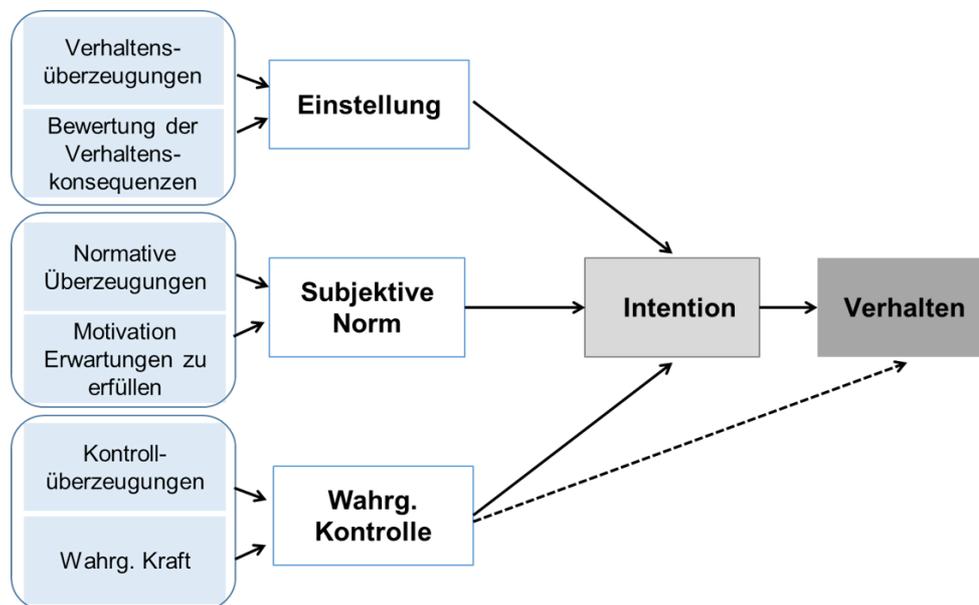
## 6.2.4 Persönliche Einstellungen

Persönliche Einstellungen und Überzeugungen wirken nicht direkt auf das Verhalten. Das liegt daran, dass es noch weitere Faktoren, wie soziale Normen oder die wahrgenommene Kontrolle, gibt, die ebenfalls einen Einfluss haben. Sie wirken im ersten Schritt auf die Verhaltensabsicht. Aus dieser Absicht entsteht dann in einem weiteren Schritt, der wiederum verschiedenen Einflüssen unterliegt, das beobachtbare Verhalten einer Person. Einstellungen können deshalb einen Einfluss auf eine Verhaltensabsicht haben, ob diese jedoch auch zu einem bestimmten Verhalten führen, ist sehr individuell. Anschaulich werden diese Zusammenhänge anhand der sogenannten Einstellungs-Verhaltens-Lücke bzw. Attitude-Behaviour-Gap (z. B. Park und Lin 2020), die sich auf die Diskrepanz zwischen den Einstellungen einer Person und ihrem tatsächlichen Verhalten in einer bestimmten Situation bezieht.

---

<sup>46</sup> Rechtliche Rahmenbedingungen schränken die Umstzbarkeit emotionaler Werbung ggf. ein. Siehe hierzu auch die Erläuterungen im Abschnitt zu Green Nudging (6.4.3).

In Abbildung 26 werden die Zusammenhänge zwischen Einstellungen und dem Verhalten dargestellt.



**Abbildung 26: Theorie des geplanten Verhaltens**

Quelle: Montaño & Kasprzyk (Finne et al. 2021)

Nach Klöckner (2013) ist insbesondere für das umweltzutragliche Verhalten davon auszugehen, dass die Normen einen größeren Einfluss auf das Verhalten haben, als die Einstellungen. Auch Gewohnheiten haben einen direkten Einfluss auf umweltzutragliches Verhalten (Klöckner 2013). So lässt sich erklären, dass der Großteil der deutschen Bevölkerung zwar ein hohes Maß an Umweltbewusstsein besitzt, jedoch nicht zwangsläufig entsprechend handelt (Umweltbundesamt 2022d).

Einstellungen sind folglich keine Vorhersagen für das (Konsum-)Verhalten. Sie haben im Falle des umweltzutraglichen Verhaltens zum Teil sogar eine geringere Aussagekraft als Normen oder individuelle Kontrollüberzeugungen. Für den E-Commerce bedeutet dies, dass eine Produktauswahl und -darstellung angeboten werden sollte, die die zielgruppenspezifischen Normen berücksichtigt und einen selbstbestimmten Kaufentscheidungsprozess unterstützt. Eine zielgruppenspezifische Ansprache ("Duzen statt siezen" bei der nachhaltigen Produktalternative) oder entsprechende Hinweise ("Du hast es in der Hand, wähle die grüne Versandoption") können das Marketing auf dieser Grundlage unterstützen.

Das Wissen zur Einstellungs-Verhaltens-Lücke lässt sich zum Beispiel im Ansatzpunkt "Suffizienzförderndes Marketing" (siehe 6.4.2) nutzen. Um die Lücke zu schließen und suffizientes Verhalten zu ermöglichen, könnten entsprechende Marketing-Maßnahmen genutzt werden.

## 6.2.5 Soziale Faktoren

Felser (2015) betont den großen Einfluss der sozialen Bezugsgruppe auf den individuellen Konsum. So seien etwa 60 % aller Kaufentscheidungen abhängig von sozialen Normen, an denen sich Individuen orientieren. Das liegt daran, dass Individuen eine Konformitätstendenz besitzen: Die Zugehörigkeit zu einer Gruppe ist so wichtig, dass Entscheidungen an gruppenübergreifende Normen angepasst werden. Auch hier spielen identitätsstiftende Bedürfnisse eine Rolle.

Ein weiterer Effekt ergibt sich aus dem Modell-Lernen, bei dem Verhaltensweisen durch Beobachten übernommen werden (Felser 2015). Diese Form des sozialen Lernens wird beispielsweise in Werbesendungen genutzt, bei denen Nutzer:innen, mit denen man sich leicht identifizieren kann, Produkte oder Dienstleistungen ausprobieren und bewerten. Obwohl dann noch keine eigene Nutzung stattfand, fällt die Kaufentscheidung für dieses Produkt anschließend leichter.

Der Handelsverband Deutschland hat in seiner Publikation Konsumbarometer 2021 einen Wertewandel des Konsumverhaltens beschrieben (Handelsverband Deutschland – HDE e. V 2021). Dazu gehören Trends wie achtsamer Konsum oder der Fokus auf nachhaltige und faire Produkte. Die Berücksichtigung von milieuspezifischen Normen anhand eines solchen Wertewandels verbessert die Wahl der Produktauswahl und -darstellung von Seiten der Händler:innen. Unter dem Schlagwort "Achtsamer Konsum", welcher der Zielgruppe LOHAS (*Lifestyles of Health and Sustainability*) zugeschrieben wird, wird ein Einkaufsverhalten beschrieben, welches reduziert und durchdacht konsumiert (Weissing 2020).

Für den E-Commerce bedeutet dies, dass die Zugänglichkeit von Produktinformationen verbessert werden könnte, um den Bedürfnissen dieser Zielgruppe nach transparenten Informationen gerecht zu werden. Hier gibt es bereits einige Beispiele von Händler:innen, die für jedes Produkt die Handelskette skizzieren und beispielsweise auch den dadurch entstandenen CO<sub>2</sub>-Abdruck angeben.

Für die Förderung eines nachhaltigeren Konsums erscheint der Aspekt der sozialen Normen der größte Stellhebel. Für Händler:innen bedeutet dies, dass zielgruppenspezifische Effekte eine gute Wirkung haben. Das heißt, dass eine nachhaltigere Konsumententscheidung am ehesten getroffen wird, wenn diese Option die zielgruppenspezifische Norm widerspiegelt. Dies ist relevant für den Ansatzpunkt "Personalisierung & Gamification" (siehe 6.4.1). So können Kundenrezensionen genutzt werden, um Zielgruppen und deren Normen besser zu identifizieren und im Anschluss personalisierte Angebote zu erstellen. Hier kann sich durch eine Reduktion von Fehlkäufen oder die Förderung eines nachhaltigeren Konsums ein nachhaltiger Effekt einstellen.

## 6.3 Generierung neuer Erkenntnisse

Im nachfolgenden Kapitel werden, aufbauend auf dem bereits ermittelten Wissensstand neue Erkenntnisse generiert. Hierfür wurden zwei unterschiedliche Methoden angewendet. Zum einen eine systematische Literaturrecherche und eine Literatursuche nach dem Schneeballsystem. Aus beiden Erkenntnisquellen wurden fünf wesentliche Ansatzpunkte im abschließenden Kapitel zusammengefasst.

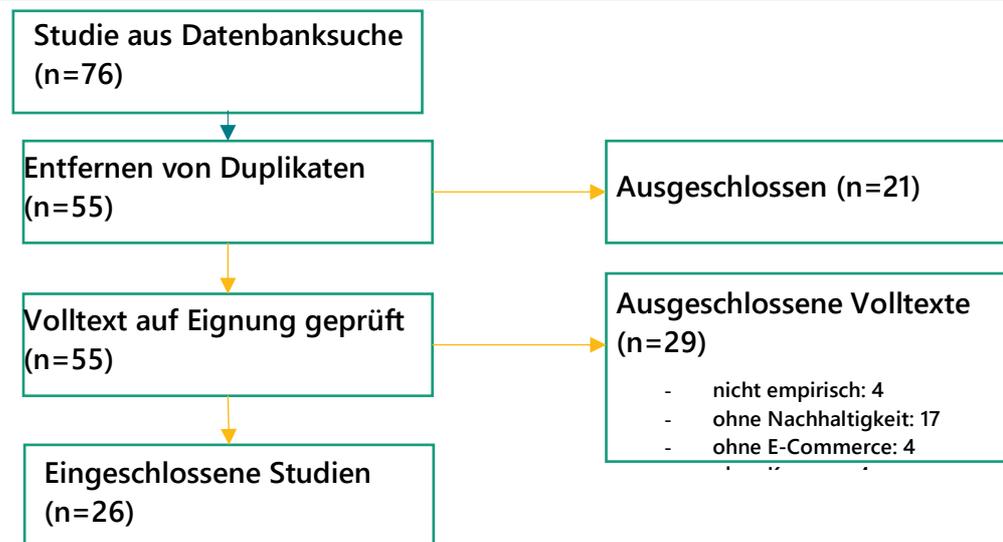
### 6.3.1 Systematische Literaturrecherche

Für die systematische Literaturrecherche wurde die Methodik nach PRISMA angewendet. Die genutzten Datenbanken waren Scopus und Web of Science. In diesen wurde folgender Suchstrang verwendet (Stand Mai 2023):

- (Scopus) E-Commerce OR online-shopping AND consum, AND OR product, AND OR behavior, AND OR nudging AND Sustainability, AND OR Environmental, AND OR climate change, AND OR impact,
- (Web of Science) E-Commerce OR online-shopping AND consum, AND OR product, AND OR behavior, AND OR nudging AND Sustainability, AND OR Environmental, AND OR climate change.

Die beiden Suchen ergaben insgesamt 76 Treffer, die nach verschiedenen Ausschlüssen (siehe Abbildung 27) letztendlich zu 26 eingeschlossenen Studien führte, die einer gründlichen Auswertung unterzogen wurden.

**Abbildung 27: Darstellung der Suchergebnisse der systematischen Literatursuche im Flussdiagramm**



Quelle: Fraunhofer ISI

Eine Übersicht über alle Ergebnisse ist im Anhang zu finden (Anhang A.1.7). Die komprimierten Ergebnisse der systematischen Literatursuche bezüglich relevanter Kriterien für nachhaltige bzw. grüne Kaufentscheidungen im Onlinehandel, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

#### **Fördert "grüne" Kaufentscheidung**

- Einfache Darstellung der Umweltauswirkungen (Islam et al., 2023; Bozzi et al., 2022) siehe Ansatzpunkt zum Eco-Labeling (8.4.4),
- Eco-credits/incentives, Belohnungen (Peng et al., 2022; Hollaus et al., 2022), siehe Ansatzpunkt Gamification (8.4.1),
- Green Nudges sind wirkungsvoll; Active Choice und Selbstnudging werden positiver wahrgenommen als Default-Nudges (Michels et al., 2022), siehe Ansatzpunkt Green Nudging (8.4.3),
- Gamification, Webseiten-Design (Wernbacher et al., 2019), siehe Ansatzpunkt Gamification (8.4.1).

#### **Hemmt "grüne" Kaufentscheidung**

- Niedriger Preis (Rausch et al., 2021),
- Second-Hand ist nicht gleichwertig zu Bio-Basiert (Colasante et al., 2021),
- Combined Packaging verringert Kaufpräferenz (Xie et al., 2021).

### **6.3.2 Literatursuche nach Schneeballmethode**

Zusätzlich zur systematischen Literaturrecherche wurde außerdem eine Literaturrecherche nach der Schneeballmethode durchgeführt. Hierbei werden nach dem Schneeballprinzip<sup>47</sup> relevante Zeitschriftenartikel, Berichte aus Forschungsprojekten oder von Verbänden identifiziert. Die Suche ergab hier 28 relevante Dokumente. Eine ausführliche Übersicht ist im Anhang (Anhang A.1.7) zu finden.

Aus den relevanten Dokumenten wurden die jeweiligen Forschungsergebnisse gesammelt und gemeinsam mit den 26 Studien aus der systematischen Suche in Schwerpunkten zusammengefasst.

<sup>47</sup> Die Schneeballmethodik bezeichnet die folgende Vorgehensweise: Man startet mit einer Menge bekannter relevanter Literatur und durchsucht deren Quellenverzeichnis nach weiteren Quellen, dies kann man mit den neu gefundenen Quellen beliebig fortsetzen.

Daraus sind 5 verschiedene Ansatzpunkte entstanden, die relevante Erkenntnisse in Bezug auf das Forschungsinteresse enthalten und anhand derer sich konkrete Empfehlungen für Händler:innen ableiten lassen. Einleitend werden zunächst Publikationen vorgestellt, die vor allem übergreifende Handlungsempfehlungen ableiten.

## 6.4 Ansatzpunkte mit den größten Verbesserungspotenzialen für eine stärkere ökologische Nachhaltigkeit

Es existieren Forschungsberichte zur Gestaltung eines nachhaltigen Onlinehandels, die mehrere oder übergreifende (politische) Empfehlungen aussprechen. Diese Forschungsberichte basieren in der Regel auf durchgeführten Forschungsarbeiten, enthalten darüber hinaus aber auch Ableitungen oder Zusammenfassungen, die sich im Einzelnen nicht belegen lassen.

In Gossen et al. (2022) geht nachhaltiger Konsum in der digitalen Welt mit gestärkter Selbstbestimmung und Kompetenz der Verbraucher:innen einher. Vertrauenswürdige Informationen zu den Produkten, Dienstleistungen und ihren Umweltwirkungen könnten leichter verfügbar sein und intelligente Assistenzsysteme könnten nachhaltige Konsumententscheidungen im Alltag erleichtern. Für Plattformen und Onlineangebote würden klare Regeln gelten. Es geht also darum, nachhaltigen Konsum mittels digitaler Lösungen zu fördern und digitale Märkte, etwa im Onlinehandel, an Nachhaltigkeits- und Umweltzielen auszurichten.

Kahlenborn et al (2018) kommen unter anderem zu dem Schluss, dass der C2C-Güterhandel mit steigendem Volumen die herkömmliche Produktion partiell substituieren könnte (Kahlenborn et al. 2018). So ist ein hemmender Einfluss auf das Wirtschaftswachstum denkbar, weil weniger Güter hergestellt werden. Dieser Einfluss wäre unter ökologischen Gesichtspunkten positiv. Positiv an einer zunehmend verbreiteten Praxis des C2C-Güterhandels ist auch, dass Wiederverkäufer den Wert ihrer gebrauchten Produkte erkennen und sie intensiv nutzen. Die steigende Nachfrage nach Gütern mit diesen nachhaltigkeitsrelevanten Merkmalen wirkt daher unabhängig von den bewusst intendierten Auswirkungen umweltentlastend (Blättel-Mink et al. 2011; Kahlenborn et al. 2018) (siehe hierzu Kapitel 7, welches C2C Güterhandel vertiefend untersucht).

Die entstehenden Umweltbelastungen oder -entlastungen sind jedoch auch stark abhängig von möglichen Rebound-Effekten. So ist denkbar, dass der Ausstattungsgrad mit Produkten erhöht wird, da für ein gegebenes Budget mehr gebrauchte Produkte gekauft werden können, oder dass der Verkauf eines gebrauchten Produktes zur Anschaffung eines neuen Artikels führt.

Im Folgenden werden einzelne und konkretere Empfehlungen für die Händler:innen je Ansatzpunkt beschrieben. Anschauliche Instrumente, die in der jeweiligen Forschung genutzt werden, werden explizit genannt.

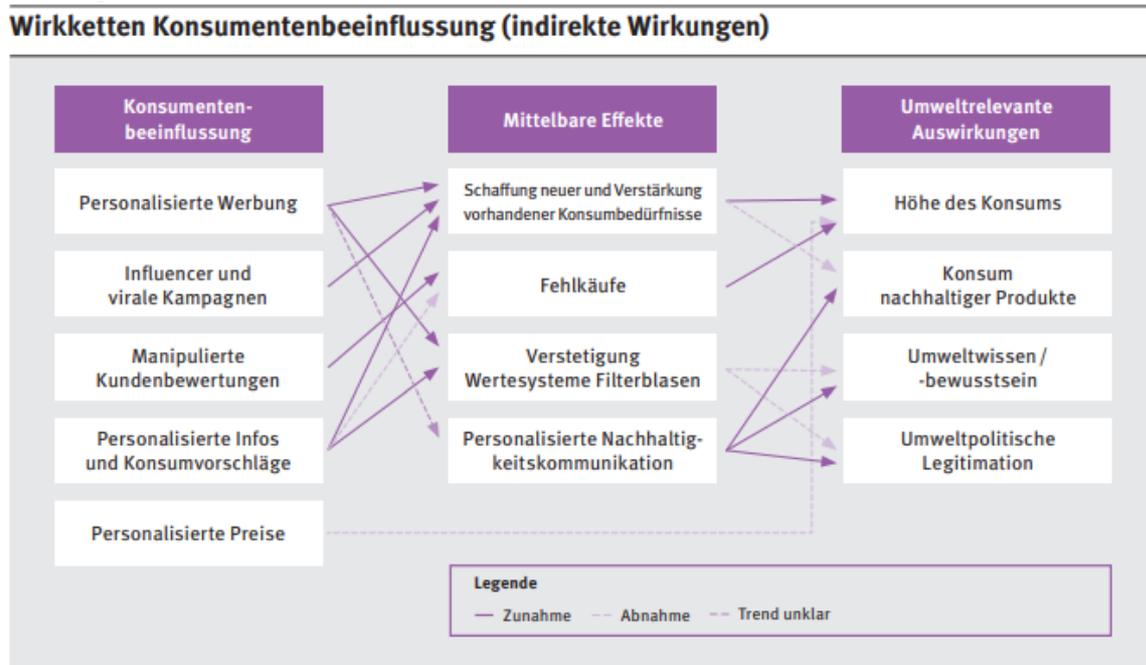
### 6.4.1 Personalisierung und Gamification

In Abbildung 28 werden die umweltrelevanten Auswirkungen von ausgewählten Personalisierungsinstrumenten dargestellt.<sup>48</sup>

---

<sup>48</sup> Personalisierte Informationen werden ebenfalls in Ansatzpunkt 3 Retourenverhalten diskutiert (8.4.3).

**Abbildung 28: Wirkketten Konsumentenbeeinflussung und umweltrelevante Auswirkungen**



Quelle: Kahlenborn et al. (2018)

Nur sehr wenige Effekte, wie etwa potenziell weniger Fehlkäufe oder sinkender Konsum infolge von Preisdiskriminierung, haben nach Kahlenborn et al. (2018) einen umweltentlastenden Charakter. Tendenziell würden die deutlich wachsenden Möglichkeiten für Unternehmen, das Konsumverhalten ihrer Kund:innen in ihrem Sinne zu verändern, zu einer Steigerung von nicht-nachhaltigen Kaufverhalten führen. Das liegt vor allem daran, dass Konsumbedürfnisse online tendenziell verstärkt werden, da viele der bereits genannten Bedürfnisse, wie beispielsweise der Emotionsregulation schnell und unkompliziert befriedigt werden können. Die Höhe des Konsums steigt somit, wobei Kahlenborn et al. (2018) betonen, dass die Verstärkung der Konsumbedürfnisse durch mögliche Reduktion von Fehlkäufen in der Bilanz der Umweltauswirkungen nicht ausgeglichen würde.

Die Gewöhnung an personalisierte Inhalte könnte zudem die Toleranz gegenüber nicht den eigenen Präferenzen entsprechenden umweltentlastenden Produkten und umweltrelevanten Informationen senken (Kahlenborn et al. 2018). Demgegenüber steht die Chance, Umweltthemen effektiver durch den Bezug auf andere Wertevorstellungen, etwa im Bereich Gesundheit, Tradition oder Produktqualität, zu kommunizieren. Hier besteht die Möglichkeit, durch eine stark individualisierte und emotionale Ansprache, auch bei solchen Konsumenten die Ausbildung von Nachhaltigkeitspräferenzen gezielt zu fördern, welche desinteressiert oder abwehrend auf explizit umweltbezogene Inhalte reagieren.

Auch Gamification-Elemente und veränderte Anreizsysteme beim Onlinekauf zur Förderung eines nachhaltigeren Konsums werden in der Forschung diskutiert. Hierbei werden Belohnungen (Hollaus und Schantl 2022b), eco-credits und eco-costs gelistet in einem sog. eco-account (Peng und Su 2022) oder eine Kombination solcher Ansätze mit Machine Learning untersucht (Wernbacher et al. 2019). Incentivierungen können einen starken Einfluss auf das Kaufverhalten haben (Hollaus und Schantl 2022b). Sie resultieren aber nicht automatisch in der Wahl eines nachhaltigeren Alternativprodukts oder einer bewussteren Konsumententscheidung, sondern sie können auch Konsum anregen. Wernbacher et al. (2019) weisen ein gesteigertes Interesse und Wissen über nachhaltiges Konsumverhalten sowie eine geringere Retourenquote infolge einer Onlineshop-Umgestaltung nach. Die

Retourenquote konnte um 15 % gesenkt werden durch eine, mithilfe von Machine Learning, optimierte Größentabelle. Hollaus und Schantl (2022a) berichten die Wirksamkeit ihrer Belohnung (Pflanzen eines Baums), diese besteht allerdings im Erreichen eines bestimmten Einkaufswerts und ist damit als konsumsteigernd anzusehen. Peng und Su (2022) beschreiben die Entwicklung eines ICT-Frameworks, das Konsument:innen zur Abgabe ihrer Produkte für Recycling oder der Wiederverwendung von Produkten mithilfe von Belohnungen, sog. eco-credits anregt und gleichzeitig über die Umweltkosten eines Produkts beim Kauf informiert, sog. eco-costs.

#### **Handlungsempfehlungen für Händler:innen**

- Nachhaltigkeitspräferenzen durch personalisierte Ansprache fördern,
- Nicht-nachhaltige Produkte nicht durch emotionale Ansprache bewerben,
- Personalisierung nutzen, um Fehlkäufe zu vermeiden (z. B. durch Größenpassfinder für Bekleidung),
- Gamification-Ansätze und Incentivierung nur bei sorgsamer Gestaltung und regelmäßiger Überprüfung der Wirkung einsetzen.

Die Wirkungsweise von Personalisierungsansätzen muss noch weiter erforscht werden, um einerseits konkrete Empfehlungen für eine nachhaltigkeitsfördernde Gestaltung im Onlinehandel geben zu können, und andererseits konsumsteigernde Gestaltungen zu verhindern. Daher wäre eine gezielte Forschungsförderung durch staatliche Akteure an dieser Stelle hilfreich, um das Wissen um die Wirkungszusammenhänge zu erweitern, und wissenschaftlich Empfehlungen zu ermöglichen.

### **6.4.2 Suffizienzförderndes Marketing**

Die Einschätzungen bzgl. der Wirkung suffizienzfördernden Marketings im Onlinehandel sind unterschiedlich: Gossen und Schrader (2018) heben hervor, dass suffizienzförderndes Marketing neben personalisierten Produkten und mobile Marketing über die Anregung zur Reflexion von Konsumbedürfnissen eine bessere Produktauswahl (im Sinne von passgenauer) ermöglichen und damit auch Retouren senken. Die Ergebnisse von (Elsner 2022) deuten eher darauf hin, dass sich suffizienzfördernde Marketingkommunikation positiv auf die Kaufabsicht auswirkt und damit nicht zwangsläufig suffizienzfördernd wirkt. Hierzu ist es allerdings notwendig, dass die Forderung der Suffizienz zum Kerngeschäft passt und damit als glaubwürdig wahrgenommen wird und daneben auf Transparenz und Qualität der kommunizierten Inhalte geachtet wird. Weissinger (2020) weist darauf hin, dass nachhaltige Kommunikationsstrategien nur dann zielführend sind und damit als glaubwürdig wahrgenommen werden, wenn das Thema Nachhaltigkeit vom Unternehmen ganzheitlich angegangen wird und sich nicht nur auf die Kommunikation beschränkt. (Frick et al. 2021) kommen in ihrer Studie hingegen zu dem Schluss, dass der Verzicht auf eine Konsumförderung durch die Gestaltung der digitalen Einkaufsumgebung entscheidender ist als suffizienzförderndes Marketing.

Eine sehr umfassende Analyse bieten Heinrich und Müller-Christ (2021). Sie haben acht Unternehmen befragt, die bereits suffizienzfördernde Kommunikationsstrategien einsetzen. Von den acht untersuchten Unternehmen sind zwei ausschließlich im Onlinehandel aktiv. Dabei soll der Ansatz der suffizienzfördernden Kommunikationspolitik wirtschaftlich tragbar sein und gleichzeitig Bewusstseinsbildung, Konsumreduktion und Kundenbindung erwirken können. Auf Basis der Befragung leiten sie die folgenden Voraussetzungen für die Umsetzung einer suffizienzfördernden Kommunikationspolitik ab:

- wachstumskritische und nachhaltigkeitsorientierte Einstellung der Gründer:innen und Geschäftsführer:innen,
- Anpassung der Produkt- und Servicepalette: qualitativ hochwertige, reparaturfähige und zeitlose Produkte; Reparatur- und Leihservices,

- Optimierung der Logistik-, Herstellungs- und Entsorgungsprozesse in Richtung Suffizienz,
- Einbindung der Mitarbeitenden in Suffizienzkommunikation um Akzeptanz sicherzustellen,
- transparente, verständliche, sensible und den Zielgruppen angemessene suffizienzfördernde Kommunikation,
- Spannung zwischen Wachstumszielen und Suffizienzförderung sollte in der Kommunikation thematisiert werden,
- Handlungsempfehlungen zum Thema Konsumreduktion sind für Konsumierende wichtig,
- Feedback von Konsumierenden einholen und gleichzeitig Umsatzentwicklung beobachten,
- Netzwerke mit anderen Unternehmen, die suffizienzfördernde Kommunikation einsetzen, bilden.

#### **Handlungsempfehlungen für Händler:innen**

- Suffizienzförderndes Marketing sollte nur eingesetzt werden, wenn Suffizienz im Einklang mit den eigenen Produkten und Unternehmenszielen steht und dies glaubhaft vermittelt werden kann.
- Für den Einsatz von suffizienzförderndem Marketing können die Voraussetzungen nach Müller-Christ (2021) verwendet werden.

### **6.4.3 Green Nudging**

Nudges sind eine Möglichkeit, um Verhaltensänderungen bei Konsument:innen von Seiten der Händler:innen zu forcieren. Diese Technik kann genutzt werden um nachhaltige Konsumententscheidungen zu fördern. Aktuell existiert jedoch keine rechtliche Grundlage, um Nudges vollumfänglich zu nutzen. Zudem könnte die Umsetzung des Digital Service Acts die Hervorhebung bestimmter Auswahlmöglichkeiten, wie es einige Nudges vorsehen, generell untersagen<sup>49</sup>. Da sich die rechtlichen Rahmenbedingungen derzeit in einer dynamischen Phase befinden, wird die Möglichkeit des Nudging hier nicht aus Sicht der Umsetzbarkeit, sondern aus Sicht der (theoretischen) Wirksamkeit betrachtet.

Green Nudges sind nicht unterschiedlich zu "normalen" Nudges sondern unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Zielrichtung. In Abbildung 29 sind drei verschiedene Kategorien von Nudges dargestellt. Ebner et al. (2022) bieten eine Übersicht zu praktischen Beispielen von Händler:innen, die die jeweiligen Mechanismen einsetzen. Für Entscheidungsinformationen können zum Beispiel soziale Referenzwerte eingesetzt werden ("80 % entschieden sich für dieses Produkt") um gezielt nachhaltige Produkte zu betonen. Im Bereich der Entscheidungsstrukturen können Voreinstellungen für nachhaltige Versandoptionen genutzt werden. Entscheidungsassistenzen gibt es zum Beispiel bei der Bereitstellung von Erinnerungen (Anregung die richtige Größe zu finden, Hinweise zu Retouren) oder Selbstverpflichtungen (zu Beginn des Kaufprozesses danach fragen, ob man einen Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten möchte).

---

<sup>49</sup> VERORDNUNG (EU) 2022/2065 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 19. Oktober 2022 über einen Binnenmarkt für digitale Dienste und zur Änderung der Richtlinie 2000/31/EG (Gesetz über digitale Dienste), Artikel 25, Gestaltung und Organisation der Online-Schnittstelle

**Abbildung 29: Kategorien von Nudges**

Kategorie	Mechanismen
Entscheidungsinformationen	Informationen übersetzen Informationen sichtbar machen Soziale Referenzpunkte setzen
Entscheidungsstrukturen	Voreinstellungen verändern Entscheidungsaufwand verändern Zusammensetzung von Entscheidungsoptionen verändern Entscheidungskonsequenzen verändern
Entscheidungsassistenz	Erinnerungen bereitstellen Selbstverpflichtung fördern

Quelle: Münscher et al. (2016)

Da die Mechanismen der Nudges unterschiedlich wirken, gibt es bislang keine vollständige Übersicht zu den Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit. Es gibt jedoch bestimmte Hinweise aus der Forschung, wie Green Nudges so genutzt werden können, dass sie besonders wirksam sind, was bedeutet, dass eine Vielzahl der Kaufentscheidungen dazu führen, dass nachhaltige Produktentscheidungen getroffen werden:

- Green Nudges haben eine höhere Wirkung in einer Umgebung in der konventionelle Produkte mit ökologischen verglichen werden (Sauer 2021). Das liegt daran, dass die Vorteile des nachhaltigeren Produkts transparenter und hervorstechender in den Fokus des Betrachtenden rücken. In einer Umgebung mit rein ökologischen Waren und Dienstleistungen differenzieren sich die nachhaltigen Aspekte meist weniger, sodass der Reiz durch die Verhaltensintervention gehemmt werden kann und weniger effektiv auf die Konsumierenden wirkt.
- Auch Suffizienz-Nudges, die Anregungen zu einer Konsumminderung beinhalten, sind wirksam in Bezug auf die Kundenbindung und die Markenwahrnehmung (Ebner et al. 2022). Sie führen deshalb nicht zwangsläufig zu Umsatzeinbußen der Händler:innen. Dies gilt vor allem bei Produkten des täglichen Bedarfs, wie etwa Nahrungsmittel oder Kosmetika.
- Insgesamt sind Green Nudges wirkungsvoll, allerdings mit unterschiedlichen Ausprägungen. Konsument:innen nehmen vor allem diejenigen Nudges positiver wahr, die aktive und selbstbestimmte Elemente besitzen (Active Choice, Selbstnudging; Michels et al. (2022).

#### **Handlungsempfehlungen für Händler:innen**

- Der Einsatz von Nudges wäre aus Sicht der Forschung prinzipiell psychologisch wirksam, um gezielt nachhaltige Produkte zu vertreiben. Jedoch sind sie aus aktueller Sicht nicht unumstritten hinsichtlich möglicher Manipulation von Konsument:innen. Um den Nutzen für die Praxis zu beurteilen, sind die weiteren rechtlichen Bestimmungen abzuwarten.

#### **6.4.4 Eco-Labeling und Informationen am POS**

Die Ergebnisse zur Darstellung von nachhaltigen Produktinformationen sind in allen verwendeten Quellen einheitlich. Die Informationen müssen stark vereinfacht, widerspruchsfrei und in angemessenem Umfang sein (Acuti et al. 2022; Münsch et al. 2023) um eine sogenannte Eco-Confusion zu verhindern (Buerke 2016). Falls die Informationen verwirrend sind oder zu ausführlich, kann dies die Kaufpräferenz beeinträchtigen. Widersprüche können sich laut Acuti et al. (2022) darauf beziehen, dass die Angaben zur Nachhaltigkeit nicht mit dem Markenimage übereinstimmen oder dem Geschäftsmodell bzw. der üblichen Produktdarstellung. Ein Schlüssel für die Förderung von Bio- und Fairtradeprodukten liegt nach Buerke (2016) demnach in der Reduktion von widersprüchlichen Information und der Herstellung von Produkt- und Markenkonsistenz.

O'Rourke und Ringer (2016) sehen in der Darstellung der Produktinformation den stärksten Stellhebel zur Förderung von nachhaltigen Kaufentscheidungen. Dies bezieht sich allerdings nur auf Konsument:innen, die aktiv auf der Suche nach nachhaltigen Produkten sind, nicht bei der sogenannten "Laufkundschaft" im E-Commerce. Auch Münsch et al. (2023) haben in ihrer Literaturanalyse festgestellt, dass die vereinfachte Darstellung von nachhaltigen Produktinformationen wissenschaftlich am besten untersucht ist und somit eine effektive Nachhaltigkeitskommunikation ist. Dies bezieht sich vor allem auf Informationen zu Retouren und Versand, die nach Bozzi et al. (2022) einfach und verständlich dargestellt werden müssten, um eine nachhaltige Kaufentscheidung zu ermöglichen. Auch eine Darstellung über Rankings, ähnlich wie bei der Lebensmittellampel könnte eine einfache und sehr effektive Lösung sein (Islam et al. 2023).

Hagemann (2013) hat die umweltrelevanten Produktinformationen im E-Commerce untersucht und dabei Erfolgsfaktoren identifiziert:

- situationsspezifische Gestaltung der Produktinformation entsprechend der jeweiligen Zielgruppe, ihrer Rahmenbedingungen und Motive und entsprechend des zu bewerbenden Produkts, der beabsichtigten Wirkung und der zu transportierenden Botschaft,
- Klarheit, Übersichtlichkeit der Darstellung und Erfassbarkeit "auf einen Blick" sowie die Verständlichkeit einer textlichen oder grafischen Aussage,
- positiv wirkt sich Bekanntheit oder Wiedererkennen einer Marke oder eines Logos aus, ebenso das Vertrauen in den Werbenden und seine Glaubwürdigkeit,
- Informationen, die der Erläuterung der Vorteile umweltverträglicher Produkte dienen, sollten vergleichend bzw. skalierend dargestellt werden,
- Produktinformationen zur Verpackung, zum Beispiel "Verwendung von ausschließlich recycelten Materialien" sollten klar gekennzeichnet sein, da dies Einfluss auf die Kaufpräferenz haben kann (Xie et al. 2021).

Spezifisch für die Kommunikation im Onlinehandel zu beachten<sup>50</sup>:

- umweltbezogene Produktinformationen sollten Verbraucher:innen auf der gesamten Customer Journey bis zum Point of Sale begleiten,
- insbesondere Produktsuch- und Vergleichsmaschinen sollten umweltbezogene Produktinformationen enthalten,
- Interaktivität, Transparenzansprüche und neue Kommunikationsformen verwenden,
- Themenshops, Filter- und Sortierhilfen einrichten oder nachhaltige Produkte in Such- und Empfehlungstechniken privilegieren.

### **Handlungsempfehlungen für Händler:innen**

- Darstellung von nachhaltigen Produktinformationen vereinfachen und Eco-Confusion vermeiden, insbesondere Umweltwirkungen von Verpackung und Versand darstellen (siehe auch Kapitel 4 Verpackungen),
- Informationen zu Verpackung und Versand transparent kennzeichnen (siehe auch Kapitel 4 Verpackungen),
- Eco-Labels gemäß des Markenimages auswählen und einbetten,
- Kommunikationshinweise nach Hagemann (2013) beachten.

---

<sup>50</sup> Beispiele für die Bereitstellung von transparenten Produktinformationen finden sich zum Beispiel bei Toxfax, GoodGuide, Leafully, Der Nachhaltige Warenkorb, Such-Dich-Grün, WWF-Fischratgeber, NABU Siegel-Check, iVeg, Fair Fashion?, Giftpfrei einkaufen, CO2-Rechner, VES CO2 Tool, Energie-Check, Ecogator, Label-online oder Animals' Liberty. eBay empfiehlt Käufer:innen nicht-neue Artikelzustände zu kaufen (Interview mit eBay am 03. bzw. 06.07.23 im Rahmen des APs Neue Geschäftsmodelle).

Eine Vereinheitlichung der umweltbezogenen Produktinformationen wird gesetzlich verankert werden müssen, aufgrund der Green Claims Directive<sup>51</sup> und damit die sog. Eco-Confusion adressieren. Die Entwicklung von Standards bzgl. sozialer Produktinformationen sollte ebenfalls erforscht und vereinheitlicht werden<sup>52</sup>.

### **Exkurs: Climate Pledge Friendly-Programm des Onlinehändlers Amazon als Beispiel für Eco-Labeling**

Um Kund:innen das Auffinden nachhaltiger Produkte zu ermöglichen, hat der Onlinehändler Amazon den sog. Climate Pledge Friendly eingeführt. Mit dem Climate Pledge Friendly werden Produkte markiert, die min. ein Nachhaltigkeitszertifikat, wie bspw. den Blauen Engel aufweisen. Diese Zertifikate werden von unabhängigen Dritten vergeben. Amazon hat hierfür eine Liste von aus ihrer Sicht vertrauenswürdigen Nachhaltigkeitszertifikaten erstellt. Produkte mit einem solchen Siegel werden mithilfe des Climate Pledge Friendly ausgewiesen. Laut Amazon werden die Produktseiten von mit dem Climate Pledge Friendly gekennzeichneten Produkten häufiger aufgerufen. Dies erhöht wiederum die Attraktivität für Hersteller auch Teil des Climate Pledge Friendly Programms zu werden. Dadurch, dass Amazon mithilfe des Climate Pledge Friendly lediglich Zertifizierungen durch Dritte transparent macht, aber nicht selbst zertifiziert, wird der Climate Pledge Friendly als vertrauenswürdig wahrgenommen.

## **6.5 Zwischenfazit**

Das Ziel dieses Kapitels war es, mögliche Stellhebel für eine nachhaltige Gestaltung des Onlinehandels bzw. dessen Konsum zu identifizieren. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden im ersten Schritt konsumpsychologische Grundlagen aufbereitet. Im Anschluss wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt, um den wissenschaftlichen Stand der Forschung darzustellen. Diese wurde ergänzt durch eine Literaturrecherche nach dem Schneeballsystem. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurden fünf relevante Ansatzpunkte noch einmal vertieft hinsichtlich ihrer Wirkung in Richtung Nachhaltigkeit untersucht.

Aus konsumpsychologischer Sicht gibt es bei Kaufentscheidungen Besonderheiten, die sich durch den Onlinehandel bzw. Konsum ergeben. So können sich durch die hohe Geschwindigkeit und die Zugänglichkeit Impulskäufe mehren. Auch gibt es Entscheidungsheuristiken, die für den Onlinehandel von besonderer Relevanz sind und für die Förderung von nachhaltigen Kaufentscheidungen genutzt werden können. Zwei Entscheidungsheuristiken, die dabei im Fokus stehen, sind die Emotionale Stabilität ("Vermeidung von Frustkäufen") und die bedürfnisbefriedigende Wirkung von Konsum ("Identitätsstiftung"). Die sogenannte Einstellungs-Verhaltens-Lücke erklärt, warum das Bewusstsein für Nachhaltigkeit vorhanden ist, aber gleichzeitig dazu widersprüchlich gehandelt wird. Beeinflusst wird dieser Zusammenhang sowohl von Gewohnheiten, die auch im Rahmen der Kaufentscheidung unterbrochen werden können, als auch von sozialen Normen. Diese sind eine der stärksten Stellhebel, um Kaufverhalten zu ändern.

Der erste identifizierte Ansatzpunkt umfasst den **Themenbereich Personalisierung und Gamification**. Durch personalisierte Produktwerbung oder andere Formen von Personalisierung können nachhaltige Produkte in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt werden. Eine andere Möglichkeit ist es, die emotionale Ansprache, die sehr wirksam ist, für nachhaltige Produkte einzusetzen oder

<sup>51</sup> Die Green Claims Directive zielt darauf ab, dass Konsument:innen verlässliche, vergleichbare und verifizierbare Informationen über die Umweltwirkungen von Produkten erhalten. Die Directive inkludiert daher sowohl klare Kriterien, wie Unternehmen die Verwendung von sog. "green claims" nachweisen müssen, und welche "green claims" verwendet werden dürfen. Ein beispielhafter "green claim" wäre der folgende: Die Verpackung besteht zu 30 % aus recycelbarem Plastik ([Green claims \(europa.eu\)](https://www.europa.eu)).

<sup>52</sup> Einen ersten Überblick gibt die Website <https://www.siegelklarheit.de>

bei nicht-nachhaltigen Produkten gerade nicht einzusetzen. Personalisierung kann auch die Vermeidung von Fehlkäufen durch den Einsatz von Voreinstellungen erwirken. Gamification kann eingesetzt werden, wenn es zur Produktumgebung passt, für diese Methoden gibt es jedoch noch keine umfassenden Ergebnisse zur Wirksamkeit. Die Wirkungsweise von Personalisierungsansätzen muss noch weiter erforscht werden, um einerseits konkrete Empfehlungen für eine nachhaltigkeitsfördernde Gestaltung im Onlinehandel geben zu können, und andererseits konsumsteigernde Gestaltungen zu verhindern.

Der zweite Ansatzpunkt bezieht sich auf **suffizienzförderndes Marketing**, welches nur eingesetzt werden sollte, wenn Suffizienz im Einklang mit den eigenen Produkten und Unternehmenszielen steht und dies glaubhaft vermittelt werden kann. Für den Einsatz von suffizienzförderndem Marketing können die Voraussetzungen nach Müller-Christ (2021) verwendet werden.

Der Einsatz von **Nudges** ist als dritter Ansatzpunkt in der Forschung als wirksam erwiesen um nachhaltige Produkte besonders hervorzuheben und zu vertreiben. Da die Nutzung von Nudges jedoch rechtlich nicht final geklärt ist, sollten insbesondere Nudges zur Hervorhebung von bestimmten Auswahlmöglichkeiten nicht genutzt werden. Es gibt jedoch weitere Nudges, wie etwa zur Entscheidungsinformation, die genutzt werden können um den Absatz nachhaltiger Produkte zu fördern.

Im Bereich **Eco-Labeling und Informationen am POS** wird empfohlen, die Darstellung nachhaltiger Produktinformationen zu vereinfachen, um eine sogenannte Eco-Confusion zu vermeiden. Eco-Labels sollten zudem entsprechend des Markenimages ausgewählt werden, um glaubhaft zu sein. Insbesondere Informationen zu Verpackung, Versand und Retouren sollten verständlich und offensichtlich gegeben werden, um Konsument:innen eine bewusste Entscheidung zu ermöglichen. Es können die Kommunikationshinweise nach Hagemann (2013) beachtet werden. Aufgrund der Green Claims Directive wird eine Vereinheitlichung der umweltbezogenen Produktinformationen zukünftig voraussichtlich gesetzlich verankert werden müssen. Die Entwicklung von Standards bzgl. sozialer Produktinformationen sollte ebenfalls erforscht und vereinheitlicht werden.

## Zusammenfassung und Diskussion

---

### Zusammenfassung der einzelnen Bereiche

Die wichtigsten Erkenntnisse hinsichtlich der sechs untersuchten Aspekte werden im Folgenden nochmals kurz zusammengefasst.

#### Lieferverkehre

Der Versand eines durchschnittlichen B2C Pakets durch einen KEP-Dienstleister verursacht 790 gCO<sub>2e</sub>. (Dies entspricht ziemlich genau den Emissionen, die für die Herstellung von 1 kg Nudeln angesetzt werden bzw. circa 5 im PKW zurückgelegten Personenkilometern). Eine Auslieferung an Kund:innen verursacht dabei 866 gCO<sub>2e</sub>. Eine Retoure verursacht nur 524 gCO<sub>2e</sub>, da Pakete deutlich seltener abgeholt als ausgeliefert werden, und der Großteil der Retouren von den Kund:innen selbst weggebracht wird. Holen die Adressaten die Pakete selber von einem Paketshop oder einer Packstation ab, stoßen sie dabei 45 gCO<sub>2e</sub> je Paket aus. Das Wegbringen eines Retourenpakets verursacht 44 gCO<sub>2e</sub>. Zumindest werden 24,2 % aller Einkäufe teilweise retourniert. Für einen durchschnittlichen Einkauf addieren sich die Emissionen der Auslieferung und die anteiligen Emissionen der Retoure auf 981 gCO<sub>2e</sub> (ohne Kund:innenverkehr). Da die meisten Emissionen auf der letzten Meile entstehen, verursacht ein (ohne vorherigen Zustellversuch) in Paketshop oder Packstation abgeholtes Paket mit 442 gCO<sub>2e</sub> deutlich weniger als ein an der Haustür abgeliefertes Paket mit 866 gCO<sub>2e</sub>.

Insgesamt werden für den Transport der 2,1 Mrd. nationalen B2C-Pakete circa 1,7 Mio. tCO<sub>2e</sub> ausgestoßen. Dies entspricht 3,7 % der Emissionen des Straßengüterverkehrs. Von dieser Paketmenge sind 20 % Retouren, die für 13 % der Emissionen verantwortlich sind. Dabei werden insgesamt 58 % der Emissionen auf dem Nachlauf, der sogenannten Letzten Meile ausgestoßen. Mit 20 ktCO<sub>2e</sub> hat der Kund:innenverkehr (z.B. zur Packstation) nur einen kleinen Anteil an den Gesamtemissionen.

#### Verpackungen

Mit dem Wachstum des Onlinehandels geht auch ein vermehrtes Verpackungsaufkommen einher. Den größten Anteil der Versandverpackungen bilden Kartonagen. Kunststoffverpackungen werden mittlerweile als weniger nachhaltig wahrgenommen. Allgemein rückt das Thema der Nachhaltigkeit immer mehr in den Fokus und Ansätze wie Mehrwegversandverpackungen und andere Maßnahmen zur Reduktion von Umweltauswirkungen gewinnen an Bedeutung. Zur Abwägung zwischen einzelnen Verpackungsvarianten sind u. a. das Abfallaufkommen, die Recyclingfähigkeit, der Anteil an recyceltem Material, die Treibhausgas-Emissionen sowie bei Mehrwegverpackungen die Anzahl der Umläufe, wichtige Aspekte. Einweg-Versandverpackungen aus Papier bzw. Pappe werden in Deutschland im Allgemeinen in wesentlich größerem Umfang stofflich recycelt und haben einen höheren Anteil recycelten Materials als Kunststoffverpackungen. Dahingegen führen Kunststoffverpackungen zu einer geringeren Abfallbelastung.

Die Treibhausgas-Emissionen für Einwegversandverpackungen liegen im Bereich von 20 bis 756 g CO<sub>2e</sub>, abhängig vom verwendeten Material (Papier/Pappe oder Kunststoff, Anteil recyceltes Material) und der Verpackungsgröße. Nimmt man bei Mehrwegversandverpackungen an, dass die Rückabwicklung an einem zentralen Ort innerhalb Deutschlands stattfindet, entstehen pro Nutzungszyklus Emissionen im Bereich von 14 bis 828 g CO<sub>2e</sub>, abhängig von der Größe, dem Anteil an recyceltem Material und davon, ob es sich um eine flexible Verpackung oder eine Hartverpackung (d. h. faltbar oder nicht faltbar für den Rückversand) handelt. Eine allgemeine Bewertung zwischen Verpackungen aus Papier/Pappe und Kunststoff ist nicht möglich, hier ist eine Einzelfallbetrachtung notwendig, bei kleineren Verpackungsgrößen können Kunststoffverpackungen aber geringere CO<sub>2e</sub>-Emissionen haben als Verpackungen aus Papier/Pappe. Dabei muss aber auch die Herkunft

der CO<sub>2</sub>-Emissionen beachtet werden. Bei der endgültigen Entsorgung (d. h. der Verbrennung) von Verpackungen aus Papier und Pappe wird biogenes CO<sub>2</sub> freigesetzt, bedeutet dieses CO<sub>2</sub> wurde zuvor durch das Wachstum der Bäume aus der Atmosphäre entnommen. Bei der endgültigen Entsorgung von Kunststoff-Verpackungen wird hingegen - Stand heute - fossiles CO<sub>2</sub> freigesetzt, welches als problematischer eingestuft werden muss.

### **Digitale Infrastruktur**

Die Ermittlung des ökologischen Fußabdrucks der digitalen Infrastruktur des Onlinehandels wird von vielen Unsicherheiten sowie Abhängigkeiten vom jeweiligen Nutzungsverhalten geprägt. Bei der Betrachtung der Emissionen eines singulären Onlinekaufvorgangs konnte dementsprechend vor allem der Einfluss des Verhaltens der Verbraucher:innen (Wahl energieeffizienter Endgeräte sowie nachhaltiger Umgang mit der IKT-Infrastruktur) aufgezeigt und teilweise quantifiziert werden. So konnten Emissionen in der Höhe von 63 g CO<sub>2</sub>e, resultierend aus dem energetischen Mehraufwand eines singulären Onlinebestellvorgangs, für die digitale Infrastruktur einer durchschnittlichen Onlinebestellung in Deutschland für das Jahr 2020 ermittelt werden. Dieser Wert kann sich jedoch, je nach getroffenen Annahmen und Nutzungsszenarien, stark unterscheiden.

### **Logistikzentren**

Eine Top-down Betrachtung der Energieverbräuche von Logistikzentren ergab Emissionen in Höhe von 66 g CO<sub>2</sub>e pro Paket. Die Größenordnung dieses Wertes konnte bei Vergleichen mit der Literatur sowie der Auswertung verschiedener Geschäfts- und Nachhaltigkeitsberichte von KEP-Dienstleistern plausibilisiert werden. Für die Bottom-up-Betrachtung ergaben sich Werte von 20-32 g CO<sub>2</sub>e pro Paket und durchlaufenem Logistikzentrum. Bei der Betrachtung eines kompletten Bestellvorganges, bei dem ein Paket in der Regel mehrere Stationen durchläuft (siehe Kapitel 4.1) passen die resultierenden Werte somit auch zu den zuvor diskutierten. Generell können sich solche Emissionen allerdings je nach den involvierten Logistikzentren und hiermit verbundenen Faktoren wie der Größe des Standortes (mengenmäßiger Durchsatz, etc.), den Arbeitsanforderungen und Funktionen des Standortes (Art der Sendungen, Kühllager, Gefahrgut, Anteil an Fläche für längerfristige Lagerung, etc.) sowie der technischen Ausstattung (z. B. Automatisierungsgrad) und bereits ergriffenen Optimierungsmaßnahmen stark unterscheiden.

### **Neue Geschäftsmodelle**

Die drei betrachteten neuen Geschäftsmodelle (Instant Delivery, Re-Commerce und Retail-as-a-Service) unterscheiden sich nur in wenigen Aspekten vom herkömmlichen Onlinehandel und die Auswirkungen dieser Unterschiede auf die ökologische Nachhaltigkeit sind als vergleichsweise gering einzuschätzen. Im Bereich der Lieferverkehre kann es jedoch bei allen drei betrachteten Geschäftsmodellen zu zusätzlichen Emissionen kommen: durch die Belieferung der Zwischenverteilzentren und die geringe Möglichkeit der Bündelung von Lieferungen bei Instant Delivery, durch zusätzliche Transportwege zur Wiederaufbereitung im Re-Commerce (welche bei einem "Recht auf Reparatur" übrigens genauso entstünden) und durch die Kombination von Onlinehandel und stationärem Handel bei RaaS, bei dem sowohl der Kund:innenverkehr als auch der Lieferverkehr im Onlinehandel entsteht.

Ein wichtiger Ansatzpunkt zur Verringerung der ökologischen Auswirkungen erscheint auch hier die Elektrifizierung des Verkehrs. Speziell der Einsatz von BEV auf der letzten Meile, z.B. bei der zeitnahen Auslieferung der kurz zuvor bestellten Lebensmittel, kann (unter der Voraussetzung, dass dadurch ein separater Wocheneinkauf der Kund:innen ersetzt wird) einen Hebel zur Emissionsreduktion darstellen. Außerdem kann die Bündelung von Lieferungen und die Einrichtung von Ladezonen positive Effekte haben.

Zusammenfassend kann somit festgehalten werden:

- **Instant Delivery** birgt ein Potential für größere ökologische Nachhaltigkeit, unter der Voraussetzung, dass durch die Instant-Delivery-Anbieter ein flächendeckender Einsatz von BEV sowie eine möglichst hohe Anzahl von Kund:innen je Umlauf mit jeweils großem Warenkorb erfolgt, der einen jeweils alternativ erfolgten Wocheneinkauf möglichst vollständig ersetzt.
- **Re-Commerce-Plattform** (sowohl C2C als auch B2C) können durch die Verlängerung des Produktlebenszyklus einen wichtigen Beitrag für die Kreislaufwirtschaft liefern, indem sie die über sie gehandelten Produkte einer weiteren Nutzung zugänglich sowie eine Neuproduktion damit (zumindest temporär) überflüssig machen.
- Bei **RaaS** ist eine abschließende Aussage schwierig, da sich ökologische Nachteile (z.B. zusätzliche Energiebedarfe und zusätzlichen Verkehre), mit möglichen ökologischen Vorteilen des Geschäftsmodells (z. B. sinkende Retourenquote) anhand der vorhandenen Datenlage derzeit nicht quantitativ abschätzen lassen.

### **Nachhaltige Konsumententscheidungen im Onlinehandel**

Aus konsumpsychologischer Sicht gibt es bei Kaufentscheidungen Besonderheiten, die sich durch den Onlinehandel bzw. Konsum ergeben. So können sich durch die hohe Geschwindigkeit und die Zugänglichkeit Impulskäufe mehren. Auch gibt es Entscheidungsheuristiken, die für den Onlinehandel von besonderer Relevanz sind und für die Förderung von nachhaltigen Kaufentscheidungen genutzt werden können. Zwei Entscheidungsheuristiken, die dabei im Fokus stehen, sind die Emotionale Stabilität ("Vermeidung von Frustkäufen") und die bedürfnisbefriedigende Wirkung von Konsum ("Identitätstiftung"). Die sogenannte Einstellungs-Verhaltens-Lücke erklärt, warum das Bewusstsein für Nachhaltigkeit vorhanden ist, aber gleichzeitig dazu widersprüchlich gehandelt wird. Beeinflusst wird dieser Zusammenhang sowohl von Gewohnheiten, die auch im Rahmen der Kaufentscheidung unterbrochen werden können, als auch von sozialen Normen. Diese sind eine der stärksten Stellhebel, um Kaufverhalten zu ändern.

### **Übergreifende Erkenntnisse**

Grundsätzlich fallen die meisten ökologischen Auswirkungen eines Produktes (wie z. B. Ressourcenverbräuche, Emissionen, usw.) nicht während des Handelsvorganges, sondern bereits während der Herstellung bzw. dem Produktionsprozess und bei einer eventuellen späteren Entsorgung an (vgl. Zimmermann et al. 2020; Collini et al 2022). Der vergleichsweise kurze Abschnitt des Handels ist in den meisten Fällen nur für einen verhältnismäßig kleinen Anteil verantwortlich.

Wird als Vertriebsform eine Onlinebestellung von Seiten der Kunden gewählt, was in den letzten Jahren immer häufiger der Fall war (IFH Köln 2022), zeigt sich dabei insgesamt, dass der Onlinehandel sich zwar für eine beachtliche Anzahl verschiedenster Auswirkungen auf die ökologische Nachhaltigkeit verantwortlich zeigt, dies jedoch vor dem Hintergrund gesehen werden muss, dass auch die Alternative zum Onlinehandel, nämlich der traditionelle, stationäre Einzelhandel (Retail), gleichsam Auswirkungen auf die Umwelt (z. B. in Form von THG-Emissionen und Flächenverbräuchen) hat (vgl. Zimmermann et al. 2020; Collini et al 2022) und zudem auch hier vielfältige Wege von Seiten des Kunden (während Kauf und eventueller Rückgabe) zurückgelegt werden.

Einen tatsächlichen Rückgang schädlicher Auswirkungen des Handels könnte folglich nur durch größere Suffizienz, sprich bewussten Konsumverzicht, auf Seiten der Kund:innen erfolgen. Ist die Konsumententscheidung aber erst einmal gefallen oder lässt sich der Konsum schlichtweg nicht vermeiden, muss die Entscheidung zwischen stationärem Einzelhandel oder Onlinehandel aus ökologischen Erwägungen jeweils in Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen des Einzelfalls entschieden werden.

Dennoch lassen sich - speziell für eine weitere Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit des Onlinehandels - einige konkrete Ansatzpunkte formulieren, die im folgenden abschließenden Abschnitt nochmals komprimiert zusammengefasst werden.

### **Zusammenfassung der einzelnen Ansatzpunkte**

Insgesamt konnten für die sechs untersuchten Bereiche 25 verschiedene Ansatzpunkte für eine größere Nachhaltigkeit im Onlinehandel ermittelt werden, die im Folgenden nochmals zusammengefasst werden.

#### **Lieferverkehre**

- **Elektrifizierung der letzten Meile**

Würden alle auf der letzten Meile eingesetzten Fahrzeuge durch BEV gleicher Größe ersetzt, würden 24 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart. Das entspricht einer absoluten Einsparung von 418 ktCO<sub>2</sub>e. Fahrzeuge der entsprechenden Größe und Reichweite sind bereits verfügbar.

- **Zustellung an Paketshop oder Packstation**

Ein Paket, das direkt in einen Paketshop oder eine Packstation geliefert und dort abgeholt wird, verursacht nur 51 % der THG-Emissionen eines Paketes, das an der Haustür abgegeben wird und sogar nur 45 % der Emissionen eines Paketes, das nach gescheitertem Zustellversuch im Paketshop oder in der Packstation abgeholt wird.

- **Senkung der Retourenquote**

Retouren sind unter Berücksichtigung des Kundenverkehrs für 13 % der THG-Emissionen aus dem Transport im Onlinehandel verantwortlich. Das entspricht 218 ktCO<sub>2</sub>e im Jahr 2020. Im Jahr 2026 wären es, bei der verwendeten Entwicklungsprognose für Paketaufkommen und Fahrleistung im Onlinehandel, schon 310 ktCO<sub>2</sub>e, so dass eine angestrebte merkbare Senkung der Retourenquote anhand der vorne skizzierten Ansatzpunkte a) Verbesserte Produktausweisung, b) Integration von Kundenrückmeldungen und Kundenbetreuung, c) Informationskampagnen zur Umweltwirkung, und d) Anreizsysteme und Umgang mit Retouren einen großen Stellhebel darstellen würden.

- **Vermeidung von Leerraum in Paketen**

Für KEP-Dienstleister ist das Volumen der entscheidende Faktor für die Auslastung der Fahrzeuge, so dass durch die Vermeidung von Leerräumen auch Fahrleistung eingespart werden können, da mehr Pakete in einem Umlauf ausgeliefert werden können.

- **Konsolidierung im ländlichen Raum**

Die Zusammenlegung der Lieferaktivitäten in ländlichen Gebieten in die Hand eines KEP-Dienstes könnte eine deutliche Reduktion von THG-Emissionen bewirken. Inwieweit dies wettbewerbsrechtlich umzusetzen wäre, müsste geklärt werden.

- **Routenoptimierung**

Eine konsequente Routenoptimierung kann die Fahrzeugauslastung erhöhen sowie Fahrleistung und Lieferzeiten (z. B. Stauvermeidung) reduzieren. Insgesamt kommt der Routenoptimierung eine Schlüsselmaßnahme dar, da viele andere Maßnahmen nur durch optimal angepasste Routen ihr volles Potenzial entfalten können.

#### **Verpackungen**

- **Reduktion des Verpackungsverbrauchs**

Ein zentraler Ansatzpunkt, um das Abfallaufkommen durch Versandverpackungen zu reduzie-

ren, sind Materialeinsparungen durch Verpackungsoptimierung oder der Verzicht auf zusätzliche Versandverpackungen. Der Verzicht auf zusätzliche Versandverpackungen und damit der Versand in der Produktverpackung des Herstellers hat das größte Potenzial bezüglich der Einsparung von Treibhausgas-Emissionen.

- **Optimierung bezüglich der Materialauswahl**  
Die Auswahl des Materials (Kunststoff oder Papier/Pappe) der Versandverpackung - sowohl bei Einweg- als auch bei Mehrwegverpackungen - hat einen großen Einfluss auf die Umweltwirkungen. Es sollte recycelbar sein und einen hohen Anteil an recyceltem Material haben.
- **Einsatz von Mehrwegversandverpackungen**  
Der Einsatz von Mehrwegversandverpackungen hat das zweitgrößte ökologische Potenzial, sofern eine ausreichende Umlaufzahl erreicht wird. Hierfür ist die Akzeptanz der Kund:innen von großer Bedeutung: Sie müssen bereit sein, ein Verpackungs-Pfand zu hinterlegen und den Mehraufwand zu leisten, der vor allem durch den Rückgabeprozess der Mehrwegversandverpackung entsteht.
- **Transparenz und Information gegenüber Konsument:innen**  
Auch die Bereitstellung von Informationen zu den ökologischen Auswirkungen der Verpackungen ist ein wichtiger Aspekt und wird zunehmend von Konsument:innen gewünscht. Diese Informationen sind einerseits wichtig, um eine Transparenz zu schaffen, und andererseits, damit Kund:innen eine fundierte Entscheidung treffen können, wenn mehrere Verpackungsoptionen zur Auswahl stehen (z. B. Mehrweg vs. Einweg).

### **Digitale Infrastruktur**

- **Erhöhung der Nutzungsintensität und -dauer der Endgeräte**  
Durch einen nachhaltigen und effizienten Umgang mit der durch die Verbraucher:innen verwendeten Hardware kann die ökologische Nachhaltigkeit des Onlinehandels gesteigert werden. Hier können neben der Nutzung energieeffizienter Geräte an sich zwei weitere Ansatzpunkte identifiziert werden. Dies kann durch eine Verlängerung der Lebensdauer der Geräte (z. B. durch Reparatur oder den Kauf von gebrauchten/refurbished Geräten) erreicht werden. So verringern sich die Emissionen pro Stunde (Stromverbrauch + anteilige Emissionen aus der Herstellung) für den Fall des unter 3.2.1 beschriebenen Laptops bei Verlängerung der Lebenszeit um 2 Jahre (7 statt 5 Jahre) und gleicher Nutzungsintensität von 90 auf 66 g CO<sub>2</sub>e
- **Adressierung der Emissionen aus dem Betrieb der nötigen IKT-Infrastruktur**  
Die wichtigsten Ansatzpunkte sind hierbei die nachhaltige Verwendung energiesparender und effizienter Hardware sowie die Deckung des eigenen Energiebedarfs über erneuerbare Energien (falls möglich durch Energieeigenproduktion z. B. mittels Photovoltaikanlagen) bzw. die Inanspruchnahme entsprechender nachhaltiger Dienstleister (z. B. Webhosting etc.).
- **Stärkere Nutzung von Skalierungseffekten**  
Die Ausnutzung von Skalierungseffekten bzw. der effizienten Nutzung der hardwareseitig vorhandenen Kapazitäten kann Emissionen einsparen. Beispielsweise entfallen bei der Nutzung einzelner, nicht ausgelasteter Server deutlich mehr Emissionen pro GB an, als in effizienteren und stets möglichst optimal ausgelasteten größeren Serveranlagen. Gerade für kleine und mittlere Unternehmen oder Unternehmen mit einem stark variablen Datenaufkommen kann dies eine Herausforderung darstellen. Mögliche Verbesserungspotentiale liegen hier somit in der Nutzung von Cloud-Computing bzw. Cloud-Rechenzentren, bei der deutliche Energieeinsparungen gegenüber on-premise Anlagen erzielt werden können (Bizo 2019)(Google 2011).
- **Umweltwirkungen sichtbar machen**  
Die Umweltwirkungen verschiedener digitaler Dienstleistungen - v. a. von Rechenzentren oder

Clouddienstleistern, aber auch von Händler:innen - sowie benötigter Geräte sichtbar zu machen, ist sowohl für die Verbraucher:innen bei der Gestaltung ihres Konsumverhaltens als auch für Händler:innen bei der Wahl evtl. nötiger Dienstleistungen (z. B. Webhosting, etc.) ein wichtiger Bestandteil, um auch im Alltag informierte und ökologisch nachhaltigere Entscheidungen treffen zu können.

- **Energieeffizientere Datenübertragung und Rechenzentren**

Die Wahl des Datenübertragungsweges hat einen eher geringen Einfluss auf die verursachten Emissionen, wobei kabelgebunden immer besser ist, als mobil. Durch den Ausbau neuer, energieeffizienter Technologien (z. B. Glasfaser, 5G) bei gleichzeitiger Ersetzung älterer und ineffizientere Übertragungswege (z. B. 3G) kann die ökologische Nachhaltigkeit der Datenübertragung im Allgemeinen somit gestärkt werden. Bezogen auf Betrachtung des Energieaufwandes durch einen singulären Onlinekaufvorgang sind die hierbei eingesparten Emissionen im Verhältnis zu den Gesamtemissionen aber nur marginaler Natur.

### Logistikzentren

- **Entlastung der logistischen Infrastruktur**

Zum Beispiel durch die Vermeidung von Retouren sowie die Vermeidung der getrennten Versendung verschiedener Produkte einer einzelnen Bestellung - sofern möglich - kann die logistische Infrastruktur entlastet, und so zu einer stärkeren ökologischen Nachhaltigkeit beigetragen werden. Hierzu können sowohl die Händler:innen (z. B. durch das Offenlegen und sichtbar machen relevanter Informationen oder die entsprechende Gestaltung der Webseiten), als auch die Konsument:innen (z. B. durch das Tolerieren evtl. notwendiger längerer Versendungsdauern) beitragen.

- **Ausschöpfung möglicher (Energie-)Effizienzpotenziale**

Sowohl bei der Konzipierung neuer Standorte, aber auch bei der Optimierung bestehender Zentren sollten alle (Energie-)Effizienzpotenziale (Prozesse, Intralogistik, Gebäudehülle und Gebäudetechnik) stets mitgedacht werden. Hierbei können diverse Richtlinien und Bewertungstools unterstützen und den jeweiligen Betreiber:innen behilflich sein. Beispiele hierfür sind ISO Normen (z. B. ISO 50001) (eha 2021), Leitfäden aus der Forschung oder aber auch von Verbänden und anderen Institutionen (Dobers et al. 2019; Lohre und Poerschke 2019) sowie Planungs- und Bewertungstools (Fraunhofer IML 2021; Günther et al. 2014). Ein konkretes Beispiel für eine relativ einfach umsetzbare allgemeine Optimierung stellen Beleuchtungssysteme dar (Austausch der Leuchtmittel hin zu LEDs sowie bedarfsgerechte und zentral gesteuerte Beleuchtungsanlagen).

- **Entwicklung der Logistikzentren zu Prosumenten**

Ein weiterer wichtiger Ansatzpunkt zur Reduzierung der Emissionen ist die Energieeigenerzeugung. Beispiele hierfür sind die Installation von Photovoltaikanlagen auf verfügbaren Flächen wie Dach und Fassade sowie die Nutzung von Abwärme. Bei Berücksichtigung all dieser Aspekte (Ausschöpfung Energieeffizienzpotenziale sowie Energieeigenerzeugung) können die Emissionen beträchtlich vermindert und unter Umständen sogar CO<sub>2</sub>-neutrale bzw. energiepositive Standorte realisiert werden (Günther et al. 2014).

### Neue Geschäftsmodelle

- **Bündelung von Lieferungen für Instant Delivery**

Aufgrund der kurzen Lieferzeiten ist eine Bündelung bei Instant Delivery nur begrenzt möglich. Hierdurch kommt es zu vermeidbaren Strecken, die zusätzliche THG-Emissionen erzeugen. Insgesamt müssen Lieferdienste, auf zwei wie auch auf vier Rädern, einen tragfähigen Kompromiss zwischen der Befriedigung des Kundenwunsches nach schnellen und flexiblen

Lieferungen auf der einen Seite sowie der Reduktion von Emissionen und Kosten durch Bündelung auf der anderen Seite finden.

- **Einrichtung von Ladezonen**

Die Einrichtung von Ladezonen für den städtischen Lieferverkehr, in denen Park- bzw. Halteverbote ausgewiesen werden, könnten nicht nur Verkehrsstörungen und Unfallgefahren verkleinern (Deutscher Städtetag et al. 2018), sondern auch Umwege und Parkplatzsuchverkehr und somit THG-Emissionen vermeiden.

- **RaaS an verkehrsgünstigen Standorten**

Zwar besteht das Risiko, dass durch RaaS zusätzlicher Verkehr entsteht (Transportaufwand durch Onlinebestellung und Kund:innenverkehr im stationären Handel) und dadurch zusätzliche Verkehrsemissionen verursacht werden. Das Geschäftsmodell könnte aber auch positive Auswirkungen bzgl. der ökologischen Nachhaltigkeit haben. Insbesondere durch die Chance, Waren vor der Bestellung an- und ausprobieren zu können, könnte die Retourenquote reduziert werden. Insgesamt könnten RaaS-Ladengeschäfte an gut gewählten Standorten mit ohnehin hohem Publikumsverkehr, hoher Laufkundschaft und einem hohen Anteil emissionsfreier Fortbewegungsarten zu einer Reduktion der THG-Emissionen führen.

### Nachhaltiger Onlinekonsum

- **Personalisierung und Gamification**

Durch personalisierte Produktwerbung oder andere Formen von Personalisierung können nachhaltige Produkte in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt werden. Eine andere Möglichkeit ist es, die emotionale Ansprache, die sehr wirksam ist, für nachhaltige Produkte einzusetzen oder bei nicht-nachhaltigen Produkten gerade nicht einzusetzen. Personalisierung kann auch die Vermeidung von Fehlkäufen durch den Einsatz von Voreinstellungen erwirken. Gamification kann eingesetzt werden, wenn es zur Produktumgebung passt, für diese Methoden gibt es jedoch noch keine umfassenden Ergebnisse zur Wirksamkeit.

- **Suffizienzförderndes Marketing**

Suffizienzförderndes Marketing sollte eingesetzt werden sollte, wenn Suffizienz im Einklang mit den eigenen Produkten und Unternehmenszielen steht und dies glaubhaft vermittelt werden kann.

- **Green Nudging**

Der Einsatz von Green Nudges ist in der Regel kostengünstig und einfach umzusetzen. Da Nudges eine Möglichkeit bieten, um nachhaltige Produkte besser zu vertreiben, sind sie außerdem ein wirkungsvoller Stellhebel. Aus diesem Grund wäre, sofern rechtlich zulässig, der Einsatz von Green Nudging unter Berücksichtigung der Platzierung (Umgebung mit konventionellen Produkten), der Art und Weise (Suffizienzorientierung) und Selbstbestimmung (Active Choice und Selbstnudging) zu befürworten.

- **Eco-Labeling und Informationen am POS**

Es wird empfohlen die Darstellung nachhaltiger Produktinformationen zu vereinfachen, um eine sogenannte Eco-Confusion zu vermeiden. Eco-Labels sollten zudem entsprechend des Markenimages ausgewählt werden, um glaubhaft zu sein. Insbesondere Informationen zu Verpackung, Versand und Retouren sollten verständlich und offensichtlich gegeben werden, um Konsument:innen eine bewusste Entscheidung zu ermöglichen.

**Tabelle 17: 25 Ansatzpunkte für einen ökologisch nachhaltigeren Onlinehandel**

Bereich	Ansatzpunkt
<b>Lieferverkehre</b>	(1) Elektrifizierung der letzten Meile
	(2) Zustellung an Paketshop oder Packstation
	(3) Senkung der Retourenquote
	(4) Vermeidung von Leerraum in Paketen
	(5) Konsolidierung im ländlichen Raum
	(6) Routenoptimierung
<b>Verpackungen</b>	(7) Reduktion des Verpackungsverbrauchs
	(8) Optimierung bezüglich der Materialauswahl
	(9) Einsatz von Mehrwegversandverpackungen
	(10) Transparenz und Information gegenüber Konsument:innen
<b>Digitale Infrastruktur</b>	(11) Erhöhung der Nutzungsintensität und -dauer der Endgeräte
	(12) Adressierung der Emissionen aus dem Betrieb der nötigen IKT-Infrastruktur
	(13) Stärkere Nutzung von Skalierungseffekten
	(14) Umweltwirkungen sichtbar machen
	(15) Energieeffizientere Datenübertragung und Rechenzentren
<b>Logistikzentren</b>	(16) Entlastung der logistischen Infrastruktur
	(17) Ausschöpfung möglicher (Energie-)Effizienzpotenziale
	(18) Entwicklung der Logistikzentren zu Prosumenten
<b>Neue Geschäftsmodelle</b>	(19) Bündelung von Lieferungen für Instant Delivery
	(20) Einrichtung von Ladezonen
	(21) RaaS an verkehrsgünstigen Standorten
<b>Nachhaltige Konsumentscheidungen</b>	(22) Personalisierung und Gamification
	(23) Suffizienzförderndes Marketing
	(24) Green Nudging
	(25) Eco-Labeling und Informationen am POS

Quelle: Fraunhofer ISI

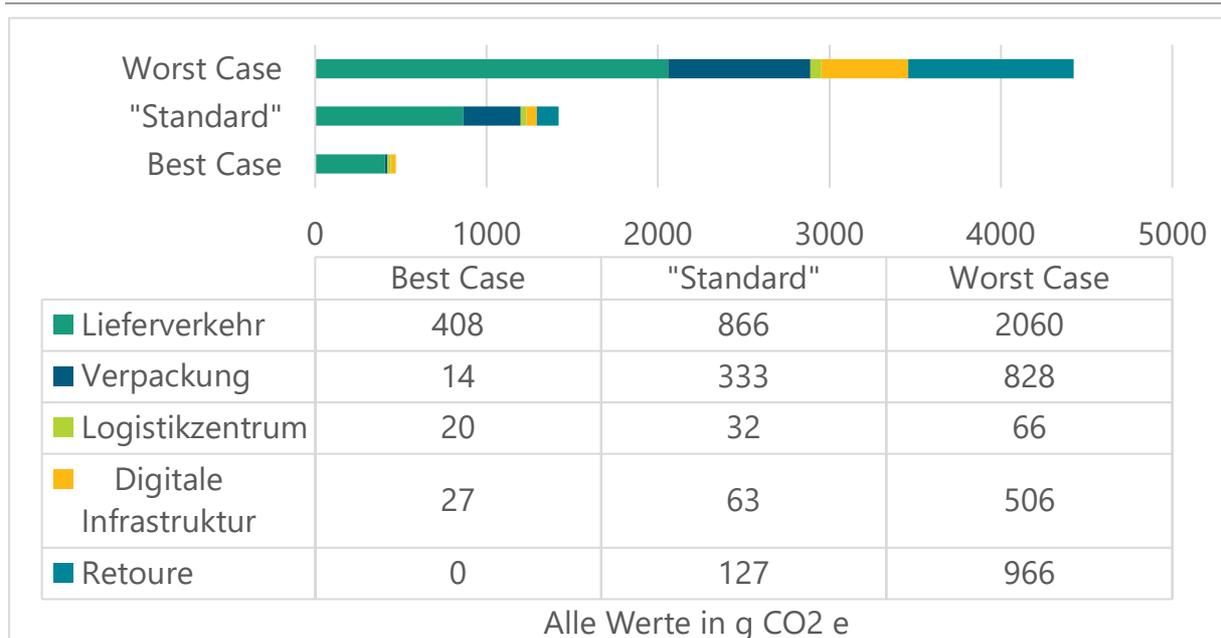
### Diskussion der Ansatzpunkte

Abschließend soll nicht unerwähnt bleiben, dass die aufgeführten Ansatzpunkte in manchen Fällen durchaus auch im leichten Widerspruch zueinanderstehen können, welcher erst im Diskurs und unter Abwägung übergeordneter Interessen gelöst werden muss. Insbesondere drei Diskussionen sollten hierbei geführt werden.

- Möglicher Widerspruch zwischen Mehrwegverpackungen, der Senkung der Retourenquote und der Vermeidung von Leerraum im Paket: Die Forderung eines steigenden Einsatzes von Mehrwegverpackungen muss auch berücksichtigen, dass durch die Rückabwicklung der Mehrwegverpackungen zusätzliche Fahrten im Lieferverkehr mit leeren Mehrwegverpackungen entstehen. Insbesondere Hartverpackungen, die für den Rückversand nicht faltbar sind, würden der Forderung nach konsequenter Vermeidung von Leerraum nicht entsprechen.
- Möglicher Zusammenhang zwischen Reduktion Leervolumen und Verpackungsverbrauch: Maßnahmen zur Reduktion des Leervolumens müssen nicht automatisch mit einer Reduktion des Verpackungsverbrauchs einhergehen. Versandkartons können auch passgenauer gestaltet werden, indem im Verpackungsprozess durch Schneiden und Einfalten die Höhe reduziert wird. Dadurch wird zwar der Leerraum im Paket verringert, aber kein Material eingespart. Jedoch kann zumindest von einer Platzeinsparung im Lieferfahrzeug ausgegangen werden.
- Möglicher Widerspruch zwischen Routenoptimierung und geringerer Inanspruchnahme von Rechenzentren: Die geforderte Routenoptimierung erfordert entsprechende Rechenpower bzw. nimmt zusätzliche Leistungen von Rechenzentren in Anspruch (z. B. durch "Software as a Service"), welche als direkten Effekt den Energieverbrauch der IKT-Infrastruktur erst einmal erhöhen. Die berechtigte Hoffnung wäre, dass die indirekten Effekte - ausgelöst durch die Routenoptimierung - wesentlich größer sind und die direkten Effekte bei Weitem übersteigen. Werden unsere Empfehlungen hinsichtlich der digitalen Infrastruktur umgesetzt, würden die direkten Effekte automatisch kleiner, so dass sich der Widerspruch nahezu auflöst.

Basierend auf den vorgestellten Ergebnissen und Ansatzpunkten lassen sich abschließend sowohl ein sogenannter "**Best Case**", als auch ein "**Worst Case**" durchspielen (siehe Tabelle 18).

**Tabelle 18: Vergleich der durchschnittlichen THG-Emissionen bei Paketversendung**



Quelle: Fraunhofer ISI

Eine durchschnittliche bzw. typische "Standard"-Paketlieferung bis an die Haustüre verursachte (inkl. Kundenverkehr) im Jahr 2021 THG-Emissionen in Höhe von 866 g CO<sub>2e</sub> durch den Lieferverkehr, 333 g CO<sub>2e</sub> durch eine durchschnittliche Versandverpackung (Faltschachtel 12,7 l) sowie 32 g CO<sub>2e</sub> im zuständigen Logistikzentrum. Hinzu kommen 63 g CO<sub>2e</sub> für die Inanspruchnahme der digitalen Infrastruktur sowie 127 g CO<sub>2e</sub> als anteilige Übernahme für mögliche Retouren. **Dies resultiert in 1421 g CO<sub>2e</sub> für die Versendung eines durchschnittlichen Paketes.**

Im Falle des "**Best Case**" würde das Versenden eines Paketes durch einen optimal geplanten und umgesetzten Transportverkehr (letzte Meile durch Elektro-Fahrzeug an eine Packstation) nur 408 g CO<sub>2e</sub> verursachen. Durch eine Mehrwegversandverpackung, die eine hohe Anzahl von Umläufen aufweist und damit eine sehr lange Lebensdauer hat würden nur ca. 14 g CO<sub>2e</sub> an THG-Emissionen verursacht (Verpackung faltbar für Rückversand, dennoch strapazierbar und hoher Anteil recyceltes Material). Zugleich würde die Abwicklung über die Logistikzentren nur 20 g CO<sub>2e</sub> an THG-Emissionen produzieren. Aufgrund der effizienten Bestellung eines gut informierten Kunden wäre die IT-Infrastruktur mit 27 g CO<sub>2e</sub> ebenfalls nur minimalst beansprucht und eine Retoure der Ware wäre natürlich nicht notwendig. Nur die Mehrwegverpackung müsste wieder retourniert werden. Insgesamt entstünden im "**Best Case**" somit **469 g CO<sub>2e</sub> an THG-Emissionen**. (Dies entspricht in etwa dem dreifachen Ausstoß eines mit einem PKW zurückgelegten Personenkilometers.)

Im Falle des "**Worst Case**" dagegen müsste der Transportverkehr, im Falle einer im dritten Versuch durch ein Dieselfahrzeug an der Haustür zugestellten Sendung, mit 2060 g CO<sub>2e</sub> angesetzt werden. Das Versenden eines Paketes würde durch eine zu große und materialintensive Mehrwegversandverpackung erfolgen und ca. 828 g CO<sub>2e</sub> an THG-Emissionen verursachen (nicht faltbar für Rückversand, geringe Anzahl an Umläufen, kein recyceltes Material). Zugleich würde die Abwicklung über die Logistikzentren mit 66 g CO<sub>2e</sub> vergleichsweise hohe THG-Emissionen produzieren. Aufgrund einer ineffizienten und schlechtinformierten Suche würde die IT-Infrastruktur mit 506 g CO<sub>2e</sub> vergleichsweise stark beansprucht und zusätzlich entscheidet sich der Kunden für einen, im Nachhinein "falschen" Artikel, den er umgehend als Retoure zurückschickt (weitere 66 g CO<sub>2e</sub> für Logistik und 900 g CO<sub>2e</sub> für Transport, zusammen also 966 g CO<sub>2e</sub> zusätzlich), nur um eine zusätzliche weitere Ersatzbestellung auszulösen. Insgesamt entstünden im "**Worst Case**" derart **4.426 g CO<sub>2e</sub> an THG-Emissionen**. (Dies wäre also ungefähr die zehnfache Belastung im Vergleich zum "Best Case" und damit das 30-fache eines mit einem PKW zurückgelegten Personenkilometers.)

Wie diese beiden "Extrembeispiele" zeigen, hängt die ökologische Nachhaltigkeit von vielen Faktoren ab, die sich im Einzelfall sehr stark unterscheiden können. Die vorliegende Studie nennt 25 verschiedene Ansatzpunkte (verteilt über alle untersuchten Bereiche) mit denen eine Erreichung des Best Case wirkungsvoll unterstützt werden kann. Bei einer gleichzeitigen Umsetzung aller genannten Ansatzpunkte wären theoretisch sogar noch weniger Emissionen als im Best Case möglich, eine genaue Quantifizierung der exakten Beiträge der einzelnen Ansatzpunkte und der kombinierten Gesamtwirkung erscheint jedoch gegenwärtig nicht möglich.

Jedoch zeigt alleine die **Konzentration auf den Lieferverkehr** (welcher für den größten Anteil an den THG-Emissionen verantwortlich ist), dass die durch den **Lieferverkehr verursachten gegenwärtigen durchschnittlichen Emissionen pro Paket in Höhe von 866 g CO<sub>2e</sub> um circa die Hälfte, nämlich auf 408 g CO<sub>2e</sub>, zurückgehen können**, wenn z.B. der Transport auf der letzten Meile ausschließlich durch Elektro-Fahrzeuge sowie eine konsequente Anlieferung an kundennahe Packstationen erfolgen würde (siehe Ansatzpunkte 1 und 2).

Nichtsdestotrotz lassen sich auch einige Verallgemeinerungen vornehmen, die von grundsätzlicher Bedeutung erscheinen. So gibt es im Rahmen der vorne aufgeführten Ansatzpunkte insbesondere zwei, die in mehreren der untersuchten Aspekte eine wichtige Rolle spielen bzw. querliegen, so dass eine hier erfolgende Veränderung in allen vier der untersuchten Aspekte eine Wirkung entfalten

könnte: Besonders wichtig in diesem Sinne, erscheinen eine **optimierte Routenplanung** und eine bessere **Transparenz gegenüber den Konsument:innen**.

- Eine **optimierte Routenplanung durch eine konsequente Routenoptimierung** würde es ermöglichen, die Fahrzeugauslastung zu erhöhen sowie Fahrleistung und Lieferzeiten zu reduzieren. Die Routenoptimierung kann als Schlüsselmaßnahme bezeichnet werden, da viele andere Maßnahmen erst durch optimal angepasste Routen ihr volles Potenzial entfalten können. So kann durch elektronische Routenoptimierung flexibel auf ein verändertes Transportvolumen (z. B. durch verringerte Paketgröße) reagiert werden, um die Fahrzeugauslastung maximal zu gestalten, und gleichzeitig die Umlauf-Route flexibel an veränderte Zustellpunkte (z. B. vermehrte Zustellung an Paketshops oder Packstationen) anzupassen.
- Mehr **Transparenz gegenüber den Konsument:innen** hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen, der von Ihnen gewählten Versandoptionen (z.B. Versand nach Hause oder an Packstation, Zustimmung zur Bündelung von Einkäufen, Entscheidung für Einweg- oder Mehrwegverpackung, usw.) erscheint unbedingt erforderlich. Diese Transparenzforderungen noch ergänzt um zusätzliche Unterstützung bei der Auswahl des richtigen Produktes, um derart Retouren auf ein absolutes Minimum zu reduzieren, könnten gemeinsam einen entscheidenden Mehrwert generieren. Alle Umfragen von Konsument:innen zeigen, die grundsätzliche Bereitschaft nachhaltiger online einzukaufen. Nur müssen hierzu die Konsument:innen auch entsprechend informiert und ermächtigt werden, ihre Konsumententscheidungen nachhaltig ausgestalten zu können. Dies sollte möglichst einfach und intuitiv sowie mit möglichst geringem Mehraufwand für die Konsument:innen umgesetzt werden, damit die anfängliche Bereitschaft auch langfristig bestehen bleibt und zur neuen "Norm" wird. Allerdings ist zu erwarten, dass die in vergleichbaren Fällen zu beobachtende Einstellungs-Verhaltens-Lücke, welche sich auf die Diskrepanz zwischen den Einstellungen einer Person und ihrem tatsächlichen Verhalten in einer bestimmten Situation bezieht, diese positiven Effekte schmälert. Die Einstellungs-Verhaltens-Lücke erklärt, warum das Bewusstsein für Nachhaltigkeit einerseits vorhanden sein kann, aber andererseits gleichzeitig dazu widersprüchlich gehandelt wird. Beeinflusst wird dieser Zusammenhang sowohl von Gewohnheiten, die auch im Rahmen der Kaufentscheidung unterbrochen werden können, als auch von sozialen Normen.

## Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1:	Anteil des Onlinehandels am gesamten deutschen Einzelhandel.....	17
Abbildung 2:	Anteil der Waresegmente am gesamten Onlinevolumen.....	18
Abbildung 3:	THG-Emissionen je Artikel nach Oliver Wyman (2021).....	21
Abbildung 4:	Logistikprozess im Onlinehandel am Beispiel von Hermes bei Produkten des Paketversands.....	23
Abbildung 5:	Zustellvarianten im Onlinehandel .....	24
Abbildung 6:	Entwicklungsprognose für Paketaufkommen und Fahrleistung im Onlinehandel .....	28
Abbildung 7:	Versandverpackungen im Online-/Versandhandel in Deutschland.....	34
Abbildung 8:	Anteil an Verpackungsverbrauch und Sendungsanzahl nach Warengruppe im Online-/Versandhandel in Deutschland 2018 (PPK + LVP) .....	35
Abbildung 9:	Verwertungs- und Recyclingrate für PPK-Verpackungen allgemein 2020.....	36
Abbildung 10:	Altpapiereinsatz für PPK-Verpackungen allgemein 2021 .....	36
Abbildung 11:	Verwertungs- und Recyclingrate für LVP-Verpackungen allgemein 2020.....	37
Abbildung 12:	CO <sub>2</sub> e-Emissionen für die Herstellung verschiedener Verpackungsmaterialien (Bereiche) .....	39
Abbildung 13:	CO <sub>2</sub> e-Emissionen für die Herstellung verschiedener Verpackungsprodukte in Abhängigkeit des Gewichts (Bereiche).....	39
Abbildung 14:	CO <sub>2</sub> e-Emissionen von Verpackungsprodukten (Herstellung) .....	40
Abbildung 15:	CO <sub>2</sub> e-Emissionen von Verpackungsprodukten (Herstellung und Entsorgung) .....	41
Abbildung 16:	Wasserbedarf bei der Herstellung von Verpackungsprodukten.....	41
Abbildung 17:	CO <sub>2</sub> e-Emissionen von Versandverpackungen: Mehrweg vs. Einweg .....	43
Abbildung 18:	Abfallaufkommen von Versandverpackungen: Mehrweg (MW) vs. Einweg (EW).....	50
Abbildung 19:	Vereinfachte schematische Darstellung der digitalen Infrastruktur .....	54
Abbildung 20:	Leistungsaufnahme im Telekommunikationsnetzwerk bei 1 GB/h bis vor das Rechenzentrum in Abhängigkeit der Technikgeneration.....	57
Abbildung 21:	Exemplarische Darstellung möglicher Logistikprozess im Onlinehandel .....	66
Abbildung 22:	"Gorillas"-Liefergebiete in Berlin-Kreuzberg und Karlsruhe-Mühlburg .....	76
Abbildung 23:	THG-Emissionen entlang der Wertschöpfungskette (in %).....	80
Abbildung 24:	Vergleich der THG-Emissionen durch Lieferverkehre von C2C- und B2C- Plattformen .....	81
Abbildung 25:	Arten von Kaufentscheidungen.....	90
Abbildung 26:	Theorie des geplanten Verhaltens .....	93

Abbildung 27: Darstellung der Suchergebnisse der systematischen Literatursuche im Flussdiagramm.....	95
Abbildung 28: Wirkketten Konsumentenbeeinflussung und umweltrelevante Auswirkungen .....	97
Abbildung 29: Kategorien von Nudges .....	100
Abbildung 30: Relevante Sendungsanzahl und Fahrleistung für den Onlinehandel .....	134
Abbildung 31: Einordnung der Ergebnisse in die Literaturwerte .....	136
Abbildung 32: Anteile an Verpackungsverbrauch und Sendungsanzahl nach Warengruppe im Online-/Versandhandel in Deutschland 2018 (PPK).....	137
Abbildung 33: Anteile an Verpackungsverbrauch und Sendungsanzahl nach Warengruppe im Online-/Versandhandel in Deutschland 2018 (LVP).....	138
Abbildung 34: Abfallaufkommen von Versandverpackungen: Mehrweg (MW) vs. Einweg (EW).....	142

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1:	25 Ansatzpunkte für einen ökologisch nachhaltigeren Onlinehandel.....	13
Tabelle 2:	Vergleichsmaßstab für Gramm CO <sub>2</sub> -Äquivalente (gCO <sub>2</sub> e) .....	15
Tabelle 3:	Emissionsfaktoren.....	23
Tabelle 4:	Emissionsberechnung .....	24
Tabelle 5:	Emissionen differenziert nach Auslieferung und Retoure .....	26
Tabelle 6:	Emissionen je Einkauf inkl. Retouren .....	26
Tabelle 7:	THG-Emissionen je Lieferung nach Zustellvariante [gCO <sub>2</sub> /Paket] .....	27
Tabelle 8:	THG-Emissionen je Retoure nach Zustellvariante [gCO <sub>2</sub> /Paket] .....	27
Tabelle 9:	Leistungsaufnahme verschiedener Endgeräte sowie Treibhausgasemissionen aus der Herstellung.....	55
Tabelle 10:	Exemplarische Berechnung der Emissionen eines singulären Onlinekaufvorganges.....	59
Tabelle 11:	Verteilung der Onlineumsätze 2020 auf Endgeräte sowie weitere ergänzende Daten.....	60
Tabelle 12:	Exemplarische Hochrechnung für die Größenordnung der Gesamtemissionen der digitalen Infrastruktur des Onlinehandels in Deutschland 2020.....	60
Tabelle 13:	Betrachtung verschiedener Extrema bei der Abwicklung einer einzelnen Onlinebestellung.....	63
Tabelle 14:	Emissionen und Zusammenlegungspotenziale bei "flaschenpost" .....	78
Tabelle 15:	Unterschiede der betrachteten Geschäftsmodelle zum herkömmlichen Onlinehandel bzgl. ökologischer Nachhaltigkeit .....	84
Tabelle 16:	Entscheidungsheuristiken und Urteilsverzerrungen bei der Kaufentscheidung.....	91
Tabelle 17:	25 Ansatzpunkte für einen ökologisch nachhaltigeren Onlinehandel.....	111
Tabelle 18:	Vergleich der durchschnittlichen THG-Emissionen bei Paketversendung .....	112
Tabelle 19:	Emissionen je Lieferung nach Zustellvariante.....	134
Tabelle 20:	Emissionen je Retoure nach Zustellvariante.....	135
Tabelle 21:	Beispiele für Mehrweg-Versandverpackungen: Übersicht .....	139
Tabelle 22:	Beispiele für Mehrweg-Versandverpackungen: weitergehende Informationen .....	140
Tabelle 23:	Übersicht Label.....	141
Tabelle 24:	Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche .....	143
Tabelle 25:	Ergebnistabelle der Literatursuche nach dem Schneeballeffekt.....	145

## Literaturverzeichnis

---

- 3D Kurierdienst (2023): Preise. Bochum. Online verfügbar unter <https://www.3d-kurierdienst.de/preise/>, zuletzt geprüft am 22.02.2023.
- Acuti, Diletta; Pizzetti, Marta; Dolnicar, Sara (2022): When sustainability backfires: A review on the unintended negative side-effects of product and service sustainability on consumer behavior. In: *Psychology and Marketing* 39 (10), S. 1933–1945. DOI: 10.1002/mar.21709.
- Agatz, Niels A.H.; Fan, Yingjie; Stam, Daan (2020): Going Green: The Effect of Green Labels on Delivery Time Slot Choices. Online verfügbar unter Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3656982> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3656982>.
- Asdecker, Björn; Felch, Vanessa; Karl, David (2022): European Return-o-Meter. Ergebnisbericht Teil 1: Deutschland vs. Rest EU. Bamberg.
- Aslan, Joshua; Mayers, Kieren; Koomey, Jonathan G.; France, Chris (2018): Electricity Intensity of Internet Data Transmission: Untangling the Estimates. In: *Journal of Industrial Ecology* 22 (4), S. 785–798. DOI: 10.1111/jiec.12630.
- AVG (2020): ENTWICKLUNG EINER GÜTER-TRAM: PROJEKT „REGIOKARGO“ NIMMT FAHRT AUF. Karlsruhe. Online verfügbar unter <https://www.avg.info/unternehmen/presse/pressemitteilungen/meldungen/entwicklung-einer-gueter-tram-projekt-regiokargo-nimmt-fahrt-auf.html>, zuletzt aktualisiert am 31.07.2020, zuletzt geprüft am 02.03.2023.
- Barker, Tim (2018): Vergleich von Karton und Kunststoff. Nachhaltigkeit in der Verpackung. Hg. v. Pro Carton. Truffula Ltd. Online verfügbar unter <https://www.procarton.com/wp-content/uploads/2018/08/PC-Carton-Plastic-Sustainability-D.pdf>, zuletzt geprüft am 22.02.2023.
- bevh (2022): E-COMMERCE IST DAS NEUE „NORMAL“. BRANCHENUMSATZ WÄCHST 2021 AUF MEHR ALS 100 MRD. EURO. Online verfügbar unter <https://www.bevh.org/presse/pressemitteilungen/details/e-commerce-ist-das-neue-normal-branchenumsatz-waechst-2021-auf-mehr-als-100-mrd-euro.html>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.
- BIEK (2017): Innovationen auf der letzten Meile. Bewertung der Chancen für die nachhaltige Stadtlogistik von morgen. Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK). Berlin, zuletzt geprüft am 22.08.2022.
- BIEK (2018a): Fahrzeugbestand nach Emissionsklassen und nach Antriebs- und Kraftstoffarten. Zahlen – Daten – Fakten der KEP-Branche. Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK). Berlin, zuletzt geprüft am 02.09.2022.
- BIEK (2018b): Fahrzeugbestand und Fahrleistungen. Zahlen – Daten – Fakten der KEP-Branche. Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK). Berlin, zuletzt geprüft am 27.07.2022.
- BIEK (2019a): KEP-Studie 2019 – Analyse des Marktes in Deutschland. Clever verpackt - effizient zugestellt. Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK). Online verfügbar unter [https://www.biek.de/files/biek/downloads/papiere/BIEK\\_KEP-Studie\\_2019.pdf](https://www.biek.de/files/biek/downloads/papiere/BIEK_KEP-Studie_2019.pdf), zuletzt geprüft am 23.02.2023.
- BIEK (2019b): Quantitative Untersuchung der konsolidierten Zustellung auf der letzten Meile. am Beispiel zweier KEP-Unternehmen in den Städten Nürnberg und München. Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK).
- BIEK (2021a): KEP-Studie 2021. Möglichmacher in bewegten Zeiten. Online verfügbar unter <https://www.biek.de/publikationen/studien.html>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

BIEK (2021b): Regionale Verteilung des KEP-Sendungsvolumens. Zahlen – Daten – Fakten der KEP-Branche. Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK). Berlin, zuletzt geprüft am 27.07.2022.

BIEK (2022): KEP UND ÖPNV: CHANCE FÜR DIE LETZTE MEILE? Untersuchung zur Nutzung von öffentlichen Nahverkehrssystemen für den Pakettransport auf der letzten Meile, zuletzt geprüft am 02.03.2023.

Bizo, Daniel (2019): The Carbon Reduction Opportunity of Moving to Amazon Web Services. 451 Research (Black & White Paper).

Blätzel-Mink, Birgit; Bender, Saskia-Fee; Dalichau, Dirk; Hattenhauer, Merle (2011): Nachhaltigkeit im online gestützten Gebrauchtwarenhandel: empirische Befunde auf der subjektiven Ebene. In: Siegfried Behrendt (Hg.): Wiederverkaufskultur im Internet. Chancen für nachhaltigen Konsum am Beispiel von eBay. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 69–126.

Boeing, Geoff (2017): OSMnx: New methods for acquiring, constructing, analyzing, and visualizing complex street networks. In: *Computers, Environment and Urban Systems* 65, S. 126–139. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2017.05.004.

Bozzi, Carolina; Neves, Marco; Mont'Alvão, Claudia (2022): Fashion E-Tail and the Impact of Returns: Mapping Processes and the Consumer Journey towards More Sustainable Practices. In: *Sustainability* 14 (9), S. 5328. DOI: 10.3390/su14095328.

Brauer, Clemens (16.08.2022): Transportleistung des KEP-Sektors und Anteil des Online-Handels. Interview mit Carsten Hansen. Berlin. Leiter Grundsatzfragen und Innenstadtlogistik BIEK.

Buerke, Anja (2016): Zusammenfassung und Ausblick zum Forschungsgebiet Consumer Confusion am POS beim Kauf nachhaltiger Produkte. In: Anja Buerke (Hg.): Nachhaltigkeit und Consumer Confusion am Point of Sale. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 176–195.

Bulach, Winfried; Dehoust, Günter; Mayer, Felix; Möck, Alexandra (2022): Ökobilanz zu den Leistungen der dualen Systeme im Bereich des Verpackungsrecyclings. Öko-Institut e.V. Berlin/Darmstadt. Online verfügbar unter [https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Duale\\_Systeme\\_Oekobilanz\\_Endbericht.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Duale_Systeme_Oekobilanz_Endbericht.pdf), zuletzt geprüft am 06.02.2023.

Buldeo Rai, Heleen; Broekaert, Céline; Verlinde, Sara; Macharis, Cathy (2021): Sharing is caring: How non-financial incentives drive sustainable e-commerce delivery. In: *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 93, S. 102794. DOI: 10.1016/j.trd.2021.102794.

Bundesministerium für Umwelt; Naturschutz; Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2019): Nationales Programm für nachhaltigen Konsum – Gesellschaftlicher Wandel durch einen nachhaltigen Lebensstil. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV), Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL).

Bundesnetzagentur (2022): Paketmarktbericht 2021. Bonn, zuletzt geprüft am 07.09.2022.

Burger, Alexander; Cayé, Nicolas; Jaegermann, Corinna; Schüler, Kurt (2021): Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2019. Abschlussbericht. Hg. v. Umweltbundesamt. GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aufkommen-verwertung-von-verpackungsabfaellen-in-15>, zuletzt geprüft am 31.01.2023.

Burger, Alexander; Cayé, Nicolas; Schüler, Kurt (2022): Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2020. Abschlussbericht. Hg. v. Umweltbundesamt. GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aufkommen-verwertung-von-verpackungsabfaellen-in-16>, zuletzt geprüft am 31.01.2023.

Castelblanco, Tatiana Alexandra (2021): *Innovative Tools for the Prevention of Product Returns in E-Commerce*. Milano.

Cho, Christopher (2022): Google Cloud launches Optimization AI: Cloud Fleet Routing API to help customers make route planning easier. Hg. v. Google, zuletzt aktualisiert am 15.04.2022, zuletzt geprüft am 01.03.2023.

Coelho, Patricia Megale; Corona, Blanca; Klooster, Roland ten; Worrell, Ernst (2020): Sustainability of reusable packaging—Current situation and trends. In: *Resources, Conservation & Recycling: X 6*, S. 100037. DOI: 10.1016/j.rcrx.2020.100037.

Collini, Luena; Hausemer, Pierre; Bosch Chen, Ivan; Vitic, Jelena; Marcus, J. Scott; Le Mouel, Marie et al. (2022): E-commerce and the EU Green Deal. Analysis of the environmental footprint of online sales in the context of the circular economy. Hg. v. European Parliament, committee on Internal Market and Consumer Protection (IMCO). Online verfügbar unter [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2022/734013/IPOL\\_STU\(2022\)734013\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2022/734013/IPOL_STU(2022)734013_EN.pdf), zuletzt geprüft am 08.02.2023.

Coroama, Vlad C.; Schien, Daniel; Preist, Chris; Hilty, Lorenz M.: The Energy Intensity of the Internet: Home and Access Networks. In: Lorenz M. Hilty und Bernard Aebischer (Hg.): *ICT Innovations for Sustainability*, Bd. 310. Cham: Springer International Publishing (Advances in Intelligent Systems and Computing),. In:, S. 137–155.

DCTI (2015): Klimafreundlich einkaufen. Eine vergleichende Betrachtung von Onlinehandel und stationärem Einzelhandel. Hg. v. Deutsches CleanTech Institut GmbH. Bonn, zuletzt geprüft am 29.08.2022.

Deges, Frank (2020): Kaufprozess und Kaufverhalten im E-Commerce. In: Frank Deges (Hg.): *Grundlagen des E-Commerce*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 71–84.

Der Tagesspiegel (2021): Radkuriere im Regen: „Gorillas“-Fahrer streiken für wetterfeste Arbeitskleidung. In: *Der Tagesspiegel* 2021, 30.06.2021. Online verfügbar unter <https://www.tagesspiegel.de/berlin/gorillas-fahrer-streiken-fur-wetterfeste-arbeitskleidung-4261549.html>, zuletzt geprüft am 03.08.2023.

Detzel, Andreas; Bender, Carolin; Ettinger, Tamara; Schmidt, Alina; Kauertz, Benedikt (2021): *Versandverpackungen für den Onlinehandel (Damen T-Shirts). Ökologie - Abfall - Handhabung. Eine Kurzauswertung*. Hg. v. Ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH. Online verfügbar unter <https://www.plastik-reduzieren.de/deutsch/ver%C3%B6ffentlichungen/>, zuletzt geprüft am 19.01.2023.

Deutsche Post DHL Group (13.04.2021): Artificial intelligence saves costs and emissions by optimizing packaging of shipments for DHL Supply Chain customers. Bonn, zuletzt geprüft am 28.02.2023.

Deutsche Post DHL Group Global Media Relations (Klasen, Dirk) (2022): *Fahrleistungen KEP*. Bonn, 22.11.2022. E-Mail an Clemens Brauer.

Deutscher Bundestag (05.07.2017): *Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die hochwertige Verwertung von Verpackungen. VerpackG*. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/verpackg/VerpackG.pdf>, zuletzt geprüft am 30.06.2023.

Deutscher Städtetag; Deutscher Städte- und Gemeindebund; Handelsverband Deutschland; Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK) (2018): Gute Logistik für lebenswerte Innenstädte, zuletzt geprüft am 10.08.2023.

DHL (2022): Delivering on Circularity. Pathways for Fashion and Consumer Electronics, zuletzt geprüft am 15.05.2023.

Di Salvo, Rosalena; Castellani, Francesco (2022): Hot-spot analysis of e-commerce logistic chain. Single use vs. reusable solutions. Hg. v. European Federation of Corrugated Board Manufacturers (FEFCO). Ramboll Group. Online verfügbar unter [https://www.fefco.org/sites/default/files/2022/FEFCO\\_Hotspot\\_analysis\\_study.pdf](https://www.fefco.org/sites/default/files/2022/FEFCO_Hotspot_analysis_study.pdf), zuletzt geprüft am 22.02.2023.

DIE PAPIERINDUSTRIE e. V. (2022): PAPIER 2022 - Ein Leistungsbericht. Online verfügbar unter <https://www.papierindustrie.de/papierindustrie/statistik>, zuletzt geprüft am 19.12.2022.

Dobers, Kerstin; Perotti, Sara; Fossa, Andrea (2022): Emission intensity factors for logistics buildings.

Dobers, Kerstin; Perotti, Sara; Fossa, Andrea (2023): Emission intensity factors for logistics hubs. Online verfügbar unter [https://reff.iml.fraunhofer.de/dl/AverageEmissionIntensityValues\\_sites\\_2022.pdf](https://reff.iml.fraunhofer.de/dl/AverageEmissionIntensityValues_sites_2022.pdf), zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Dobers, Kerstin; Rüdiger, David; Jarmer, Jan-Philipp (2019): Guide for Greenhouse Gas Emissions Accounting at Logistics Sites. Focus on transshipment sites, warehouses and distribution centres. Hg. v. Fraunhofer Verlag. Fraunhofer IML. Stuttgart. Online verfügbar unter <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/5a4a1d69-0e97-4729-8406-8cdfd5670b3e/details>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Doll, Claus; Brauer, Clemens; Köhler, Jonathan; Scholten, Peter; Schroten, Arno; Otten, Matthijs (2020): Methodology for GHG efficiency of transport modes. Final report. Online verfügbar unter <https://publica.fraunhofer.de/handle/publica/300911>.

DPD (2022): Gemeinsam für eine grünere Zukunft bei DPD. CSR-Bericht 2020 und 2021. DPD-group und DPD Deutschland GmbH, zuletzt geprüft am 02.11.2022.

DPD Group (2021): Gemeinsam für eine grünere Zukunft bei DPD. CSR-Bericht 2020 und 2021 DPDgroup und DPD Deutschland GmbH. Online verfügbar unter [https://www.dpd.com/wp-content/uploads/sites/59/2023/01/20230103\\_CSR-Bericht-DPD\\_DE\\_2020-2021.pdf](https://www.dpd.com/wp-content/uploads/sites/59/2023/01/20230103_CSR-Bericht-DPD_DE_2020-2021.pdf).

Dreyer, Melvin Louis (2023): Verpackungsverordnung: EU plant neue Anforderungen im E-Commerce. Onlinehändler News. Online verfügbar unter <https://www.onlinehaendler-news.de/erecht/gesetze/137626-verpackungsverordnung-eu-plant-neue-anforderungen-e-commerce>, zuletzt aktualisiert am 06.02.2023, zuletzt geprüft am 28.02.2023.

Ebner, Tamara; Sauer, Julian; Spitzer, Sarah (2022): Green Nudging im E-Commerce. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

eha (2019): Energieeffizienz für Logistik-Unternehmen: Kostenfaktor Energie. Online verfügbar unter <https://www.eha.net/blog/details/energieeffizienz-fuer-logistik-unternehmen-kostenfaktor-energie.html>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

eha (2021): Energiemanagement nach Norm DIN EN ISO 50001. Online verfügbar unter <https://www.eha.net/blog/details/energiemanagement-norm-iso-50001.html>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Elsner, N. (2022): Suffizienzförderung in der Marketingkommunikation. Offenburg (Schriftenreihe "Arbeitspapiere für Marketing und Management!", 69).

Escursell, Sílvia; Llorach-Massana, Pere; Roncero, M. Blanca (2021): Sustainability in e-commerce packaging: A review. In: *Journal of Cleaner Production* 280, S. 124314. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124314.

European Commission (30.11.2022): Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on packaging and packaging waste, amending Regulation (EU) 2019/1020 and Directive (EU) 2019/904, and repealing Directive 94/62/EC. COM(2022) 677 final. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0677>, zuletzt geprüft am 29.06.2023.

European Commission; Joint Research Centre; Bertoldi, P. (2018): Proceedings of the 9th international conference on energy efficiency in domestic appliances and lighting (EEDAL '17). Part I: Publications Office of the European Union.

FEFCO (2022a): Lower corrugated industry CO2 footprint announced. European Federation of Corrugated Board Manufacturers. Online verfügbar unter [https://www.fefco.org/sites/default/files/2022-07-19\\_PR%20\\_NEW%20Corrugated%20Industry%20CO2%20footprint.pdf](https://www.fefco.org/sites/default/files/2022-07-19_PR%20_NEW%20Corrugated%20Industry%20CO2%20footprint.pdf), zuletzt geprüft am 27.01.2023.

FEFCO (2022b): Recycling vs Reuse for Packaging. Bringing the science to the packaging debate. Hg. v. European Federation of Corrugated Board Manufacturers. Online verfügbar unter [https://www.fefco.org/sites/default/files/FEFCO\\_Visual\\_Overview\\_14%20June%202022\\_0.pdf](https://www.fefco.org/sites/default/files/FEFCO_Visual_Overview_14%20June%202022_0.pdf), zuletzt geprüft am 27.01.2023.

FEFCO (2022c): The carbon footprint of corrugated packaging 2021. European Federation of Corrugated Board Manufacturers. Online verfügbar unter <https://www.fefco.org/sites/default/files/files/The%20carbon%20footprint%20of%20corrugated%20packaging%202021.pdf>, zuletzt geprüft am 27.01.2023.

Felser, Georg (2015): Werbe- und Konsumentenpsychologie. 4.Auflage. Wiesbaden: Springer Verlag.

Finne, Emily; Gohres, Hannah; Seibt, Annette C. (2021): Erklärungs- und Veränderungsmodelle 1: Einstellungs- und Verhaltensänderung.

Forbes insights (2018): The Empty Space Economy. Online verfügbar unter <https://blog.dssmith.com/download-whitepaper-die-leerraum-wirtschaft-ge>, zuletzt geprüft am 15.02.2023.

Fox, Rebecca (2022): How to Reduce Your eCommerce Split Shipments. ReturnGO. Online verfügbar unter <https://returngo.ai/how-to-reduce-your-ecommerce-split-shipments/>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Fraunhofer IML (2021): REff Assessment Tool. Resource Efficiency at Logistics Sites. Online verfügbar unter <https://reff.impl.fraunhofer.de/>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Frick, Vivian; Matthies, Ellen; Thøgersen, John; Santarius, Tilman (2021): Do online environments promote sufficiency or overconsumption? Online advertisement and social media effects on clothing, digital devices, and air travel consumption. In: *J of Consumer Behaviour* 20 (2), S. 288–308. DOI: 10.1002/cb.1855.

General Logistics Systems B.V. (2020): Update to the 4th Sustainability Report 2019/2020. Online verfügbar unter <https://gls-group.com/DE/en/about-us/sustainability>.

Getir Germany GmbH (2023): Gorillas Liefergebiete. Online verfügbar unter <https://gorillas.io/de/liefergebiete>, zuletzt geprüft am 03.08.2023.

Gombiner, Joel (2011): Carbon Footprinting the Internet. In: *Consilience* (5), S. 119–124. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/26167805>.

Google (2009): Powering a Google search. Online verfügbar unter <https://google-blog.blogspot.com/2009/01/powering-google-search.html>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Google (2011): Google's Green Computing: Efficiency at Scale. Online verfügbar unter <https://static.googleusercontent.com/media/www.google.com/de//green/pdfs/google-green-computing.pdf>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Gossen, Maïke; Frick, Vivian; Lell, Otmar; Scholl, Gerd (2022): Politik für nachhaltigen Konsum in der digitalen Welt. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.

Gossen, Maïke; Schrader, Ulf (2018): Welche Potenziale die Digitalisierung für ein suffizienzförderndes Marketing bringt. In: *ÖW* 33 (1), S. 8. DOI: 10.14512/OEW330108.

Gottschalk, S.; Mafael, A. (2017): Cutting Through the Online Review Jungle — Investigating Selective eWOM Processing. In: *Journal of Interactive Marketing* (37), S. 89–104. DOI: 10.1016/j.intmar.2016.06.001.

Greenpeace (2018): Wegwerfware Retouren. Greenpeace-Umfrage zum Kauf – und Retouren-Verhalten bei Online-Bestellungen. Unter Mitarbeit von Viola Wohlgemuth und Simone Miller, zuletzt geprüft am 11.07.2023.

Gröger, Jens (2020): Digitaler CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Datensammlung zur Abschätzung von Herstellungsaufwand, Energieverbrauch und Nutzung digitaler Endgeräte und Dienste. Öko-Institut e.V. Freiburg. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Digitaler-CO2-Fussabdruck.pdf>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Gröger, Jens; Liu, Ran; Stobbe, Lutz; druschke, Jan; Richter, Jan (2021): Green Cloud Computing. Lebenszyklusbasierte Datenerhebung zu Umweltwirkungen des Cloud Computing. Umweltbundesamt (Texte, 94/2021). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/green-cloud-computing>.

GS1 (2020): Packaging Design for Recycling. Eine Empfehlung der ECR Austria Arbeitsgruppe "Circular Packaging Design". GS1 Austria GmbH/ECR Austria. Online verfügbar unter [https://www.gs1-germany.de/fileadmin/gs1/downloads/ecr\\_austria\\_packaging\\_design\\_for\\_recycling\\_interaktiv-2.pdf](https://www.gs1-germany.de/fileadmin/gs1/downloads/ecr_austria_packaging_design_for_recycling_interaktiv-2.pdf), zuletzt geprüft am 15.02.2023.

Günther, W. A.; Hausladen, G.; Freis, J.; Vohlidka, P. (2014): Das CO<sub>2</sub>-neutrale Logistikzentrum. Entwicklung von ganzheitlichen Handlungsempfehlungen für energieeffiziente Logistikzentren. Forschungsbericht. fml – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik. München.

GVM (2021a): Recycling-Bilanz für Verpackungen. Berichtsjahr 2020. Zusammenfassung der Ergebnisse. Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH. Online verfügbar unter [https://gvmonline.de/wordpress/wp-content/uploads/2022/07/Recycling\\_2020\\_Zusammenfassung\\_Ergebnisse.pdf](https://gvmonline.de/wordpress/wp-content/uploads/2022/07/Recycling_2020_Zusammenfassung_Ergebnisse.pdf), zuletzt geprüft am 19.12.2022.

GVM (2021b): Versandverpackungen in Deutschland 2019. Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH. Mainz. Online verfügbar unter [https://www.wellpappen-industrie.de/data/04\\_Verband/05\\_Publikationen/Verbrauch\\_von\\_Versandverpackungen\\_290421\\_VDW.pdf](https://www.wellpappen-industrie.de/data/04_Verband/05_Publikationen/Verbrauch_von_Versandverpackungen_290421_VDW.pdf), zuletzt geprüft am 17.01.2023.

GVM (2022a): Entwicklung von Konsumverhalten, Aufkommen und Materialeffizienz von Verpackungen. Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH. Online verfügbar unter <https://www.agvu.de/wp-content/uploads/2022/06/Studie-Vollversion.pdf>, zuletzt geprüft am 31.01.2023.

GVM (2022b): Potenzial der Materialeinsparung bei PPK Transportverpackungen durch den Einsatz von Mehrwegverpackungen. Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH. Mainz. Online verfügbar unter [https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/abfallpolitik/20220925-\\_nabu\\_gvm-transportverpackungen.pdf](https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/abfallpolitik/20220925-_nabu_gvm-transportverpackungen.pdf), zuletzt geprüft am 17.01.2023.

Hagemann, Helmut (2013): Umweltrelevante Produktinformationen im E-Commerce – Chancen für nachhaltigen Konsum. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Hagemann, Helmut (2015): Umweltrelevante Produktinformationen im E-Commerce – Chancen für nachhaltigen Konsum. Umweltbundesamt (Texte, 91/2015). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltrelevante-produktinformationen-im-e-commerce>.

Hajdukowicz, Thomas (2022): Reducing email's carbon footprint. Online verfügbar unter <https://www.mailjet.com/blog/email-best-practices/email-carbon-footprint/>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Handelsblatt (2022): Lieferung – So müssen Bringdienste kalkulieren, 02.11.2022. Online verfügbar unter <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/handel-konsumgueter/e-commerce-unter-diesem-bestellwert-lohnt-sich-keine-lieferung-so-muessen-bringdienste-kalkulieren/28779686.html>, zuletzt geprüft am 10.08.2023.

Handelsverband Deutschland – HDE e. V (2021): Konsummonitor Corona 2021. Online verfügbar unter [https://einzelhandel.de/index.php?option=com\\_attachments&task=download&id=10593](https://einzelhandel.de/index.php?option=com_attachments&task=download&id=10593).

Heinemann, Gerrit (2017): Der neue Online-Handel. Geschäftsmodell und Kanalexzellenz im Digital Commerce. 8. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler. Online verfügbar unter <https://books.google.de/books?id=9tLJDQAAQBAJ>.

Heinrich, Anneli; Müller-Christ, Georg (2021): Unternehmen kommunizieren Suffizienz – Beispiele aus der Praxis für die Förderung eines genügsamen Konsums. In: Wanja Wellbrock und Daniela Ludin (Hg.): Nachhaltiger Konsum. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 185–207.

Heshmati, Sam; Verstichel, Jannes; Esprit, Eline; Vanden Berghe, Greet (2019): Alternative e-commerce delivery policies. In: *EURO Journal on Transportation and Logistics* 8 (3), S. 217–248. DOI: 10.1007/s13676-018-0120-4.

Hintemann, Ralph; Hinterholzer, Simon; Graß, Monika; Grothey, Tim (2022): Rechenzentren in Deutschland. Aktuelle Marktentwicklung, Stand 2022. Hg. v. Bitkom. Borderstep Institut. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2022-02/10.02.22-studie-rechenzentren.pdf>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Hollaus, Michael; Schantl, Julia (2022a): Incentivizing Consumers Towards a More Sustainable Online Shopping Behavior. In: 2022 13th International Conference on E-Education, E-Business, E-Management, and E-Learning (IC4E). IC4E 2022: 2022 13th International Conference on E-Education, E-Business, E-Management, and E-Learning. Tokyo Japan, 14 01 2022 17 01 2022. New York, NY, USA: ACM, S. 372–376.

Hollaus, Michael; Schantl, Julia (2022b): Incentivizing Consumers Towards a More Sustainable Online Shopping Behavior. In: 2022 13th International Conference on E-Education, E-Business, E-Management, and E-Learning (IC4E). IC4E 2022: 2022 13th International Conference on E-Education, E-Business, E-Management, and E-Learning. Tokyo Japan, 14 01 2022 17 01 2022. New York, NY, USA: ACM, S. 372–376.

Hornung, Matthias (2021): Automatisierung größenoptimierter Verpackungen. Hg. v. DS Smith, zuletzt geprüft am 28.02.2023.

http archive (2023): State of the Web. Online verfügbar unter [https://httparchive.org/reports/page-weight?start=2018\\_12\\_01&end=latest&view=list#bytesTotal](https://httparchive.org/reports/page-weight?start=2018_12_01&end=latest&view=list#bytesTotal), zuletzt geprüft am 10.02.2023.

IBI Research (2013): Retourenmanagement im Online-Handel – Das Beste daraus machen. Unter Mitarbeit von Sabine Pur, Ernst Stahl, Michael Wittmann, Georg Wittmann und Stefan Weinfurtner, zuletzt geprüft am 11.07.2023.

Icha, Petra; Lauf, Thomas; Kuhs, Gunter (2022): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2021. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Climate Change, 15/2020). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-8>.

IEA, & Global Carbon Atlas (2022): Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf weltweit nach ausgewählten Ländern im Jahr 2021 (in Tonnen) [Graph]. Hg. v. Statista. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167877/umfrage/co-emissionen-nach-laendern-je-einwohner/>, zuletzt geprüft am 17.07.2023.

ifeu (2020): Ökologische Fußabdrücke von Lebensmitteln und Gerichten in Deutschland. Unter Mitarbeit von Guido Reinhardt, Sven Gärtner und Tobias Wagner. Hg. v. Ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, zuletzt geprüft am 17.07.2023.

IFH Köln (2021): HDE Online Monitor 2021. Hg. v. HDE. Handelsverband Deutschland.

IFH Köln (2023): HDE Online Monitor 2023. Hg. v. HDE. Handelsverband Deutschland. Online verfügbar unter [https://einzelhandel.de/index.php?option=com\\_attachments&task=download&id=10735](https://einzelhandel.de/index.php?option=com_attachments&task=download&id=10735), zuletzt geprüft am 19.07.2023.

IK; AGVU (2021): Instrumente zur Steigerung des Rezyklatanteils in Kunststoffverpackungen. Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V.; Arbeitsgemeinschaft Verpackung + Umwelt e.V. Online verfügbar unter [https://www.agvu.de/wp-content/uploads/2021/06/Instrumente-zur-Steigerung-des-Rezyklatanteils-in-Kunststoffverpackungen\\_AGVU\\_IK.pdf](https://www.agvu.de/wp-content/uploads/2021/06/Instrumente-zur-Steigerung-des-Rezyklatanteils-in-Kunststoffverpackungen_AGVU_IK.pdf), zuletzt geprüft am 08.02.2023.

IPR (2019): Recyclingpapier wirkt. Initiative Pro Recyclingpapier. Online verfügbar unter [https://www.papiernetz.de/wp-content/uploads/recyclingpapierwirkt\\_webdatei.pdf](https://www.papiernetz.de/wp-content/uploads/recyclingpapierwirkt_webdatei.pdf), zuletzt geprüft am 31.01.2023.

Islam, Md Saiful; Proma, Adiba Mahbub; Wohn, Caleb; Berger, Karen; Uong, Serena; Kumar, Varun et al. (2023): SEER: Sustainable E-commerce with Environmental-impact Rating. In: *Cleaner Environmental Systems* 8, S. 100104. DOI: 10.1016/j.cesys.2022.100104.

Jöhrens, Julius; Lehmann, Michael; Bramme, Matthias; Brauer, Clemens; Bulenda, Alexander; Burghard, Uta et al. (2022): Aktuelle technische Erkenntnisse zum eHighway-System aus Feldversuch und Begleitforschung. Arbeitspapier des Arbeitskreises Technik (AK Technik) der Feldversuchs- und Forschungsprojekte, zuletzt geprüft am 02.03.2023.

Kahlenborn, Walter; Keppner, Benno; Uhle, Christian (2018): Die Zukunft im Blick: Konsum 4.0: Wie Digitalisierung den Konsum verändert. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/fachbroschuere\\_konsum\\_4.0\\_barrierefrei\\_190322.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/fachbroschuere_konsum_4.0_barrierefrei_190322.pdf).

Kahlenborn, Walter; Keppner, Benno; Uhle, Christian; Richter, Stephan; Jetzke, Tobias (2019): Konsum 4.0: Wie Digitalisierung den Konsum verändert. Trendbericht zur Abschätzung der Umweltwirkungen. Umweltbundesamt (Broschüren). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/konsum-40-wie-digitalisierung-den-konsum-veraendert>.

Kaltschmitt, Martin; Schebek, Liselotte (2015): Umweltbewertung für Ingenieure. Methoden und Verfahren. Berlin: Springer Vieweg.

Kampffmeyer, Nele; Gensch, Carl-Otto (2019): Working Paper Nachhaltiger Konsum durch Digitalisierung? Öko-Institut e.V. Freiburg. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oeko-doc/WP-Konsum-Digitalisierung.pdf>.

Kampffmeyer, Nele; Motschall, Moritz; Scherf, Cara-Sophie; Weber, Manuela; Kern, Mira; Krauß, Jennifer (2021): Nachhaltigkeit und Regionalität digitaler Plattformen in den Bedürfnisfeldern Ernährung und Mobilität. Synthesepapier des Projekts regGEM:digital. Online verfügbar unter [https://www.reggemdigital.de/fileadmin/reggem-digital/user\\_upload/reggemdigital\\_synthesepapier\\_finalb.pdf](https://www.reggemdigital.de/fileadmin/reggem-digital/user_upload/reggemdigital_synthesepapier_finalb.pdf), zuletzt geprüft am 11.05.2023.

Kantar Public (2021): Befragung von Online-Shoppern zur Wahrnehmung von ökologischen Versandverpackungen und zum Informationswert von Umwelteigenschaften einer Verpackung. Ergebnisbericht. Hg. v. Verband der Wellpappen-Industrie e.V. (VDW). Online verfügbar unter [https://www.wellpappen-industrie.de/data/04\\_Verband/05\\_Publikationen/Beurteilungen\\_von\\_Verpackungen\\_im\\_Online-Handel\\_VDW.pdf](https://www.wellpappen-industrie.de/data/04_Verband/05_Publikationen/Beurteilungen_von_Verpackungen_im_Online-Handel_VDW.pdf), zuletzt geprüft am 31.01.2023.

KBA (2017): Fahrzeugzulassungen FZ13. Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen 1. Januar 2017. Hg. v. Kraftfahrt-Bundesamt (KBA). Flensburg, zuletzt geprüft am 06.09.2022.

KBA (2020): Fahrzeugzulassungen FZ13. Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen, 1. Januar 2020. Hg. v. Kraftfahrt-Bundesamt (KBA). Flensburg, zuletzt geprüft am 06.09.2022.

KE-CONSULT (2020): Verbinden, sichern und versorgen. KEP-Studie 2020 – Analyse des Marktes in Deutschland. Unter Mitarbeit von Klaus Esser und Judith Kurte. Hg. v. Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK), zuletzt geprüft am 25.07.2022.

KE-CONSULT (2021): Möglichmacher in bewegten Zeiten. KEP-Studie 2021 - Analyse des Marktes in Deutschland. Unter Mitarbeit von Klaus Esser und Judith Kurte. Hg. v. Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK), zuletzt geprüft am 26.08.2022.

KE-CONSULT (2022): Impulsgeber mit Innovationskraft. KEP-Studie 2022 - Analyse des Marktes in Deutschland. Unter Mitarbeit von Klaus Esser und Judith Kurte. Hg. v. Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK), zuletzt geprüft am 13.07.2022.

Klepper, Carl Dominik (2021): Nachrichten aus der Wissenschaft. Wohin entwickeln sich Verpackungen? Potenzial und Grenzen von Reduktion und Kreislaufführung. Hg. v. Lebensmittelchemisches Institut (LCI) des Bundesverbandes. Arbeitsgemeinschaft Verpackung + Umwelt e.V. (AGVU). Online verfügbar unter [https://www.bdsi.de/fileadmin/redaktion/Nachrichten\\_aus\\_der\\_Wissenschaft/NadW\\_02\\_2021\\_dt\\_Langfassung\\_14092021.pdf](https://www.bdsi.de/fileadmin/redaktion/Nachrichten_aus_der_Wissenschaft/NadW_02_2021_dt_Langfassung_14092021.pdf), zuletzt geprüft am 08.02.2023.

Klößner, Christian A. (2013): A comprehensive model of the psychology of environmental behaviour—A meta-analysis. In: *Global Environmental Change* 23 (5), S. 1028–1038. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2013.05.014.

Krail, Michael; Plötz, Patrick; Grann, Till; Wietschel, Martin (2021): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland - Treibhausgasneutrale Hauptszenarien - Modul Verkehr, zuletzt geprüft am 02.03.2023.

Krauss, Konstantin; Doll, Claus; Thigpen, Calvin (2022): The Net Sustainability Impact of Shared Micromobility in Six Global Cities. Fraunhofer ISI; Lime.

Krushinsky, Dmitry; Guo, Xuezheng; Claassen, G. D. H. (2022): Location flexibility in parcel delivery operations: framework and empirical analysis. In: *IMA Journal of Management Mathematics* 33 (4), S. 563–581. DOI: 10.1093/imaman/dpab004.

Kurth, Thomas (2022): Gastartikel: Fallbeispiel DPD – Mit Routenoptimierung zu mehr Nachhaltigkeit in der Logistik. Hg. v. Logistik Watchblog, zuletzt aktualisiert am 17.11.2022, zuletzt geprüft am 01.03.2022.

Lebensministerium Österreich (2010): Studie Radfahren und Einkaufen. Potentiale des Fahrrads für den Einzelhandel in Österreich., zuletzt geprüft am 22.04.2020.

Link, Steffen; Plötz, Patrick; Griener, Janik; Moll, Cornelius (2021): Lieferverkehr mit Batterie-Lkw: Machbarkeit 2021. Fallbeispiel REWE Group - Region Nordost, zuletzt geprüft am 27.02.2023.

Lohre, Dirk; Poerschke, Viktoria (2019): Energie und Energieeffizienz im Überblick. Leitfaden für Logistikbetriebe. Hg. v. Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart. Online verfügbar unter <https://www.ihk.de/blueprint/servlet/resource/blob/4389046/5bf295dc4810bf31cac7a83838fd88c6/ihk-energieeffizienz-in-der-logistik-2019i-data.pdf>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Löw, Clara; Gröger, Jens; Neles, Camilla; Wacker, Mona (2021): Biobasierte und biologisch abbaubare Einwegverpackungen? Keine Lösung für Verpackungsmüll! Hg. v. Umweltbundesamt. Öko-Institut e.V. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/210722\\_fachbrosch\\_5\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/210722_fachbrosch_5_bf.pdf), zuletzt geprüft am 20.02.2023.

Malmodin, Jens (2020): The power consumption of mobile and fixed network data services The power consumption of mobile and fixed network data services - The case of streaming video and downloading large files. Online verfügbar unter [https://online.electronicsgoesgreen.org/wp-content/uploads/2020/10/Proceedings\\_EGG2020\\_v2.pdf](https://online.electronicsgoesgreen.org/wp-content/uploads/2020/10/Proceedings_EGG2020_v2.pdf), zuletzt geprüft am 12.02.2023.

manager magazin (2021): Fett finanzierte Start-ups kapern den Lebensmittelhandel, 05.05.2021, zuletzt geprüft am 01.08.2023.

Manner-Romberg, Horst; Cäsar, Estella; Miller, Jona; Symanczyk, Wolf (2018): Stadt – Land – E-Commerce. Von Ballungsräumen, Dörfern und Paketen. Eine Bestandsaufnahme im Auftrag des bevh. MRU GmbH. Hamburg, zuletzt geprüft am 27.02.2023.

Mayers, Kieren; Koomey, Jonathan; Hall, Rebecca; Bauer, Maria; France, Chris; Webb, Amanda (2015): The Carbon Footprint of Games Distribution. In: *Journal of Industrial Ecology* 19 (3), S. 402–415. DOI: 10.1111/jiec.12181.

Michels, Leonard; Ochmann, Jessica; Günther, Sebastian A.; Laumer, Sven; Tiefenbeck, Verena (2022): Empowering Consumers to Make Environmentally Sustainable Online Shopping Decisions: A Digital Nudging Approach. In: Tung Bui (Hg.): Proceedings of the 55th Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii International Conference on System Sciences: Hawaii International Conference on System Sciences (Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences).

Mühlburg-Live: Adressen - Gorillas. Online verfügbar unter <https://www.muehlburg-live.de/de/adressen/essen-und-trinken/item/gorillas.html>, zuletzt geprüft am 03.08.2023.

Münsch, Marlene; Diels, Jana; Gossen, Maike; Bergener, Jens; Kettner, Sara Elisa (2023): Ungenutzte Potenziale effektiver Nachhaltigkeitskommunikation. Verbraucherteilhabe in nachhaltigen Konsummärkten durch Austausch zwischen Forschung und Praxis ermöglichen.

Münscher, Robert; Vetter, Max; Scheuerle, Thomas (2016): A Review and Taxonomy of Choice Architecture Techniques. In: *J. Behav. Dec. Making* 29 (5), S. 511–524. DOI: 10.1002/bdm.1897.

Nestler, Andrea; Karessli, Nour; Hajjar, Karl; Weffer, Rodrigo; Shirvany, Reza (2021): SizeFlags: Reducing Size and Fit Related Returns in Fashion E-Commerce. In: Feida Zhu, Beng Chin Ooi, Chunyan Miao, Haixun Wang, Iryna Skrypnyk, Wynne Hsu und Sanjay Chawla (Hg.): Proceedings of the

27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery & Data Mining. KDD '21: The 27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. Virtual Event Singapore, 14 08 2021 18 08 2021. New York, NY, USA: ACM, S. 3432–3440.

Nobis, Claudia; Kuhnimhof, Tobias (2018): Mobilität in Deutschland – MiD. Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). Bonn, Berlin. Online verfügbar unter [www.mobilitaet-in-deutschland.de](http://www.mobilitaet-in-deutschland.de).

Norby, Vibhu; Mintun, William; Raub, Phillip; Vishnyak, Anton (2020): Retail as a Service. Veröffentlichungsnr: WO 2020/237109 A1.

Notter, Benedikt; Keller, Mario; Althaus, Hans-Jörg; Cox, Brian; Knörr, Wolfram; Heidt, Christoph et al. (2019): HBEFA 4.1 Development Report. infras, ifeu, FVT, BAFU, UBA AT, UBA DE, ADEME, Trafikverket, Miljødirektoratet. Heidelberg. Online verfügbar unter <https://www.hbefa.net/d/>, zuletzt geprüft am 31.08.2020.

Oliver Wyman (2021): Is E-commerce Good For Europe? Economic and environmental impact study (Independent study commissioned by Amazon).

O'Rourke, Dara; Ringer, Abraham (2016): The Impact of Sustainability Information on Consumer Decision Making. In: *Journal of Industrial Ecology* 20 (4), S. 882–892. DOI: 10.1111/jiec.12310.

Pajula, Tiina; Sundqvist-Andberg, Henna; Arnold, Mona (2022): A critical view on packaging recycling and reuse in the European Circular Economy. VTT Technical Research Centre of Finland Ltd. Online verfügbar unter [https://www.fefco.org/sites/default/files/files/White%20Paper\\_Final%20draft%20040422%20update%2015102022%281%29.pdf](https://www.fefco.org/sites/default/files/files/White%20Paper_Final%20draft%20040422%20update%2015102022%281%29.pdf), zuletzt geprüft am 14.02.2023.

Pålsson, Henrik; Pettersson, Fredrik; Winslott Hiselius, Lena (2017): Energy consumption in e-commerce versus conventional trade channels - Insights into packaging, the last mile, unsold products and product returns. In: *Journal of Cleaner Production* 164, S. 765–778. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.06.242.

Park, Hyun Jung; Lin, Li Min (2020): Exploring attitude–behavior gap in sustainable consumption: comparison of recycled and upcycled fashion products. In: *Journal of Business Research* 117, S. 623–628. DOI: 10.1016/j.jbusres.2018.08.025.

Peng, Tao; Kellens, Karel; Tang, Renzhong; Chen, Chao; Chen, Gang (2018): Sustainability of additive manufacturing: An overview on its energy demand and environmental impact. In: *Additive Manufacturing* 21, S. 694–704. DOI: 10.1016/j.addma.2018.04.022.

Peng, Wenjie; Su, Daizhong (2022): Novel ICT System for Recycling and Eco-Shopping. In: *Sustainability* 14 (13), S. 7687. DOI: 10.3390/su14137687.

Persiel, Steffen (2014): UPS spart Sprit durch Vermeidung von Linksabbiegen. Hg. v. Paketda!, zuletzt aktualisiert am 15.08.2014, zuletzt geprüft am 01.03.2023.

Peteranderl, Sonja (2019): Nutzerdaten als Kunst: Der Code hinter einer Amazon-Bestellung. Hg. v. DER SPIEGEL - Netzwelt. Online verfügbar unter <https://www.spiegel.de/netzwelt/web/nutzerdaten-als-kunst-der-code-hinter-einer-amazon-bestellung-a-1296452.html>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Pihkola, Hanna; Hongisto, Mikko; Apilo, Olli; Lasanen, Mika (2018): Evaluating the Energy Consumption of Mobile Data Transfer—From Technology Development to Consumer Behaviour and Life Cycle Thinking. In: *Sustainability* 10 (7). DOI: 10.3390/su10072494.

Pitschke, Thorsten; Peche, René; Kreibe, Siegfried; Meinl, Gert (2021): Handreichung zur Treibhausgas-Bilanz von Wellpappenverpackungen & alternativen Mehrwegverpackungen. Hg. v. Verband der Wellpappen-Industrie e.V. Augsburg. Online verfügbar unter [https://www.wellpappen-industrie.de/data/04\\_Verband/05\\_Publikationen/Handreichung-Treibhausgasbilanz-Wellpappe-vs-Mehrweg.pdf](https://www.wellpappen-industrie.de/data/04_Verband/05_Publikationen/Handreichung-Treibhausgasbilanz-Wellpappe-vs-Mehrweg.pdf), zuletzt geprüft am 19.01.2023.

Prakash, Siddharth; Anthony, Florian; Köhler, Andreas R.; Liu, Ran (2016): Ökologische und ökonomische Aspekte beim Vergleich von Arbeitsplatzcomputern für den Einsatz in Behörden unter Einbeziehung des Nutzerverhaltens (Öko-APC). Umweltbundesamt (Texte, 66/2016). Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/endbericht\\_oko-apc\\_2016\\_09\\_27.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/endbericht_oko-apc_2016_09_27.pdf).

Ptock, Julia (2018): KEP: Transportaufkommen, Durchschnittsgewicht der Sendungen und Fahrzeugbestand. Logistik Watchblog.de. Online verfügbar unter <https://www.logistik-watchblog.de/neuheiten/1567-kep-transportaufkommen-durchschnittsgewicht-sendungen-fahrzeugbestand.html>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Ranieri, Luigi; Digiesi, Salvatore; Silvestri, Bartolomeo; Roccotelli, Michele (2018): A Review of Last Mile Logistics Innovations in an Externalities Cost Reduction Vision. In: *Sustainability* 10 (3), S. 782. DOI: 10.3390/su10030782.

rebuy recommerce GmbH (2023): Sustainability Report 2022. Online verfügbar unter [https://uploads-ssl.webflow.com/617683b63291295dfbb6e556/647901d6ea1d60cd1567cf37\\_rebuy%20Sustainability%20Report%202022%20-%20010623.pdf](https://uploads-ssl.webflow.com/617683b63291295dfbb6e556/647901d6ea1d60cd1567cf37_rebuy%20Sustainability%20Report%202022%20-%20010623.pdf), zuletzt geprüft am 21.07.2023.

Rüdiger, David; Dobers, Kerstin (2013): Strommessungen an Logistikstandorten zur Ermittlung von Energietreibern und Einsparpotentialen.

Sauer, Catharina; Mauch, Lars Andreas; Litauer, Rebecca (2023): Grüne Innenstadtlogistik mit Hilfe Künstlicher Intelligenz. Fraunhofer IAO. Online verfügbar unter [https://www.iao.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/aktuelles/gruene-innenstadtlogistik-mit-hilfe-kuenstlicher-intelligenz.html?utm\\_campaign=News\\_23\\_03](https://www.iao.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/aktuelles/gruene-innenstadtlogistik-mit-hilfe-kuenstlicher-intelligenz.html?utm_campaign=News_23_03), zuletzt aktualisiert am 04.04.2022, zuletzt geprüft am 09.03.2022.

Sauer, J. (2021): Nachhaltigkeit im Web: Der Einsatz von Green Nudging im Onlinehandel. Bachelorarbeit. Hochschule der Medien, Stuttgart.

Schäfer, Petra K.; Altinsoy, Philipp; Freyer, Philipp; Gilbert, Andreas (2021): ZUKUNFT.DE. Zustellverkehre kundenorientiert, nachhaltig, flexibel und transparent. Durch Emissionsfreiheit. Frankfurt University of Applied Sciences Research Lab for Urban Transport. Frankfurt am Main, zuletzt geprüft am 24.08.2022.

Scherf, Cara-Sophie; Kampffmeyer, Nele (2020): Ernährung 4.0: Wie nachhaltig sind digitale Plattformen zum Erwerb von Lebensmitteln? Kurzpapier zur Analyse der Wertschöpfungs- und Nachhaltigkeitseffekte digitaler Plattformen im Bereich Ernährung. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.reggemdigital.de/publikationen>, zuletzt geprüft am 11.05.2023.

Schleer, Christoph (2014): Corporate Social Responsibility und die Kaufentscheidung der Konsumenten. Wiesbaden: Springer Gabler.

Schmied, Martin; Knörr, Wolfgang (2013): Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik gemäß DIN EN 16258. Begriffe, Methoden, Beispiele. 2. aktualisierte Auflage. Hg. v. DSLV Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. Online verfügbar unter [http://178.63.40.151/dslv/web.nsf/gfx/8F102DF8C3E4A2F141257BB7007779CB/\\$file/DSLV-Leitfaden%20Berechnung%20von%20THG-Emissionen%20Stand%2003-2013.pdf](http://178.63.40.151/dslv/web.nsf/gfx/8F102DF8C3E4A2F141257BB7007779CB/$file/DSLV-Leitfaden%20Berechnung%20von%20THG-Emissionen%20Stand%2003-2013.pdf).

Schödwell, Björn; Zarnekow, Rüdiger; Liu, Ran; Gröger, Jens; Wilkens, Marc (2018): Kennzahlen und Indikatoren für die Beurteilung der Ressourceneffizienz von Rechenzentren und Prüfung der praktischen Anwendbarkeit. Umweltbundesamt (Texte, 19/2018). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kennzahlen-indikatoren-fuer-die-beurteilung-der>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Schrampf, Jürgen; Hartman, Gerda (2022): Energiebedarf in Lieferketten. Ein Screening von exemplarischen Supply Chains zur Bestimmung von Energieverbrauchswerten. Hg. v. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und. Wien.

Seven Senders GmbH (2022a): Roadmap 2025: Nachhaltigkeit im europäischen E-Commerce. Strategien und Kunden-Erwartungen zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks im E-Commerce. Berlin.

Seven Senders GmbH (2022b): Roadmap 2025: Nachhaltigkeit im europäischen E-Commerce. Strategien und Kunden-Erwartungen zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks im E-Commerce. Hg. v. Seven Senders GmbH. Online verfügbar unter <https://news.sevensenders.com/de/nachhaltigkeit-im-ecommerce?hsLang=de>, zuletzt geprüft am 12.08.2022.

Souza, Robert de; Goh, Mark; Lau, Hoong-Chuin; Ng, Wee-Siong; Tan, Puay-Siew (2014): Collaborative Urban Logistics – Synchronizing the Last Mile a Singapore Research Perspective. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 125, S. 422–431. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.01.1485.

Spectos, WIK-Consult (2022): Untersuchung der Laufzeiten und der Zustellqualität von Paketsendungen. Dresden, zuletzt geprüft am 25.02.2023.

Stephens, Andie; Tremlett, Williams, Chloe; Fitzpatrick, Liam; Acerini, Luca; Anderson, Matt; Crabendam, Noor (2021): Carbon impact of video streaming. Carbon Trust. Online verfügbar unter <https://ctprodstorageaccountp.blob.core.windows.net/prod-drupal-files/documents/resource/public/Carbon-impact-of-video-streaming.pdf>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Stiftung Warentest (2023): Fix sein ist nicht alles. In: *Stiftung Warentest* 05/2023, 2023.

Thesing, Matthias; Diefenbach, Marc (2022): Whitepaper "Mehrwegverpackungen". Hg. v. rhinopaq. rhinopaq. Online verfügbar unter <https://www.rhinopaq.com/whitepaper/>, zuletzt geprüft am 21.12.2022.

TRT, M-Five, Fraunhofer ISI (2020): AsTra model. ASsessment of TRAnsport Strategies. Online verfügbar unter <http://www.astra-model.eu/>, zuletzt geprüft am 24.02.2023.

UBA (2015): ProBas – Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter [www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php](http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/index.php), zuletzt geprüft am 02.02.2023.

Umweltbundesamt (2022a): Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2021. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau, zuletzt geprüft am 24.02.2023.

Umweltbundesamt (2022b): EU-Verpackungsverordnung: Von Anfang an im Kreislauf denken. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/eu-verpackungsverordnung-von-anfang-an-im-kreislauf>, zuletzt geprüft am 28.02.2023.

Umweltbundesamt (2022c): Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2020. Dessau-Roßlau, zuletzt geprüft am 17.02.2023.

Umweltbundesamt (2022d): Repräsentativumfrage zum Umweltbewusstsein und Umweltverhalten im Jahr 2020. Klimaschutz und sozial-ökologische Transformation. Hg. v. Umweltbundesamt. Des-

sau-Roßlau (Texte). Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte\\_20-2022\\_repraesentativumfrage\\_zum\\_umweltbewusstsein\\_und\\_umweltverhalten\\_im\\_jahr\\_2020.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_20-2022_repraesentativumfrage_zum_umweltbewusstsein_und_umweltverhalten_im_jahr_2020.pdf).

Umweltbundesamt (2022e): Spezifische Emissionen des Straßenverkehrs. Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/emissionen-des-verkehrs#pkw-fahren-heute-klima-und-umweltvertraglicher>, zuletzt geprüft am 26.02.2023.

Umweltbundesamt (2023): Emissionsdaten. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/emissionsdaten#hbefa>, zuletzt geprüft am 12.10.2023.

ups (2022): 2021 GRI. Global Reporting Initiative January 1, 2021 - December 31, 2021. Online verfügbar unter <https://about.ups.com/content/dam/upsstories/assets/reporting/sustainability-2021/2021%20UPS%20GRI%20Report.pdf>.

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.

Verhoef, Leendert A.; Budde, Bart W.; Chockalingam, Cindhuja; García Nodar, Brais; van Wijk, Ad J.M. (2018): The effect of additive manufacturing on global energy demand: An assessment using a bottom-up approach. In: *Energy Policy* 112, S. 349–360. DOI: 10.1016/j.enpol.2017.10.034.

Walkley, Sarah (2022): The Carbon Cost of an Email: Update! Carbon Literacy Project. Online verfügbar unter <https://carbonliteracy.com/the-carbon-cost-of-an-email/>, zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Wang, Yang; Ramachandran, Vandana; Liu Sheng, Olivia R. (2021): Do Fit Opinions Matter? The Impact of Fit Context on Online Product Returns. In: *Information Systems Research* 32 (1), S. 268–289. DOI: 10.1287/isre.2020.0965.

Weinand, Anne-Lisa; Schäfer, Simone; Hammerschmidt, Maj (2021): Wellpappe vs. Mehrweg. Akzeptanz von Verpackungslösungen im Versandhandel. Hg. v. IFH Köln. Verband der Wellpappen-Industrie e.V. (VDW). Online verfügbar unter [https://www.wellpappen-industrie.de/data/04\\_Verband/05\\_Publikationen/210709\\_IFH\\_Studie\\_Versandhandelsverpackungen.pdf](https://www.wellpappen-industrie.de/data/04_Verband/05_Publikationen/210709_IFH_Studie_Versandhandelsverpackungen.pdf), zuletzt geprüft am 27.01.2023.

Weissinger, Karin (Hg.) (2020): Online-Kommunikation für Zielgruppen mit einem nachhaltigen Lebensstil. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (BestMasters).

Wernbacher, Thomas; Seewald, Alexander; Denk, Natalie; Pfeiffer, Alexander; Platzer, Mario; Winter, Thomas (2019): Think!First: Inducing Behavioural Change Through Gamification, Persuasive Design Principles and Machine Learning, S. 91. DOI: 10.34190/GBL.19.156.

Wiesemann, Eva; Bick, Carola; Schmidt, Sabrina; Schmidt, Alina; Marken, Gesa, Rubik; Frieder (2022): Verpackungen ökologisch optimieren. Ein Leitfaden für Unternehmen. Online verfügbar unter [https://www.ioew.de/fileadmin/user\\_upload/BILDER\\_und\\_Downloaddateien/Publikationen/2022/Verpackungen\\_oekologisch\\_optimieren\\_Ein\\_Leitfaden\\_fuer\\_Unternehmen\\_Innordux\\_2022.pdf](https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/2022/Verpackungen_oekologisch_optimieren_Ein_Leitfaden_fuer_Unternehmen_Innordux_2022.pdf), zuletzt geprüft am 10.02.2023.

Xie, Guojie; Huang, Lijuan; Apostolidis, Chrysostomos; Huang, Zuqing; Cai, Weiwei; Li, Guokai (2021): Assessing Consumer Preference for Overpackaging Solutions in E-Commerce. In: *International journal of environmental research and public health* 18 (15). DOI: 10.3390/ijerph18157951.

Zhang, Yuankai; Lin, Wei-Hua; Huang, Minfang; Hu, Xiangpei (2021): Multi-warehouse package consolidation for split orders in online retailing. In: *European Journal of Operational Research* 289 (3), S. 1040–1055. DOI: 10.1016/j.ejor.2019.07.004.

Zhu, Lili; Li, Haolin (2022): Workstation layout strategies in Robotic Mobile Fulfillment Systems considering carbon emissions. In: *Cleaner Logistics and Supply Chain* 4, S. 100050. DOI: 10.1016/j.clscn.2022.100050.

Zimmermann, Till (2021): Etablierung und Verbreitung von Mehrwegversandverpackungssystemen - Anspruch und rolle der Kund\*innen. Auswertung vorliegender Erkenntnisse. ÖKOPOL GmbH. Online verfügbar unter [https://www.praxpack.de/fileadmin/user\\_upload/Werkstattpapier\\_Kundinnenperspektive.pdf](https://www.praxpack.de/fileadmin/user_upload/Werkstattpapier_Kundinnenperspektive.pdf), zuletzt geprüft am 20.02.2023.

Zimmermann, Till (2022): Can reusable packaging contribute to make e-commerce more sustainable? An overview of challenges and potential selected results from the project „praxPACK“ - two+ years of research in Germany. Hg. v. ÖKOPOL GmbH. Online verfügbar unter [https://www.praxpack.de/fileadmin/user\\_upload/Werkstattpapier\\_Results\\_April\\_2022.pdf](https://www.praxpack.de/fileadmin/user_upload/Werkstattpapier_Results_April_2022.pdf), zuletzt geprüft am 27.01.2023.

Zimmermann, Till; Bliklen, Rebecca (2020): Single-use vs. reusable packaging in e-commerce: comparing carbon footprints and identifying break-even points. In: *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society* 29 (3), S. 176–183. DOI: 10.14512/gaia.29.3.8.

Zimmermann, Till; Falkenstein, Anna (2021a): Erfolgreiche Beispiele für den Einsatz von Mehrwegverpackungen im Onlinehandel. FairFox. Hamburg. Online verfügbar unter [https://www.praxpack.de/fileadmin/user\\_upload/praxpack\\_Kurzsteckbrief\\_FairFox.pdf](https://www.praxpack.de/fileadmin/user_upload/praxpack_Kurzsteckbrief_FairFox.pdf), zuletzt geprüft am 21.12.2022.

Zimmermann, Till; Falkenstein, Anna (2021b): Erfolgreiche Beispiele für den Einsatz von Mehrwegverpackungen im Onlinehandel. Memo/Memolife. Hamburg. Online verfügbar unter [https://www.praxpack.de/fileadmin/user\\_upload/praxpack\\_Kurzsteckbrief\\_Memo.pdf](https://www.praxpack.de/fileadmin/user_upload/praxpack_Kurzsteckbrief_Memo.pdf), zuletzt geprüft am 21.12.2022.

Zimmermann, Till; Falkenstein, Anna (2021c): Erfolgreiche Beispiele für Mehrwegsystemanbieter für Versandverpackung im Onlinehandel. hey circle. Hamburg. Online verfügbar unter [https://www.praxpack.de/fileadmin/user\\_upload/praxpack\\_Kurzsteckbrief\\_HeyCircle.pdf](https://www.praxpack.de/fileadmin/user_upload/praxpack_Kurzsteckbrief_HeyCircle.pdf), zuletzt geprüft am 21.12.2022.

Zimmermann, Till; Falkenstein, Anna (2021d): Erfolgreiche Beispiele für Mehrwegsystemanbieter für Versandverpackung im Onlinehandel. xpack green logistics GmbH & Co. KG. Hamburg. Online verfügbar unter [https://www.praxpack.de/fileadmin/user\\_upload/praxpack\\_Kurzsteckbrief\\_xpack\\_.pdf](https://www.praxpack.de/fileadmin/user_upload/praxpack_Kurzsteckbrief_xpack_.pdf), zuletzt geprüft am 21.12.2022.

Zimmermann, Till; Falkenstein, Anna (2021e): Erfolgreiche Beispiele für Mehrwegsystemanbieter für Versandverpackung im Onlinehandel. RePack. Hamburg. Online verfügbar unter [https://www.praxpack.de/fileadmin/user\\_upload/praxpack\\_Kurzsteckbrief\\_RePack.pdf](https://www.praxpack.de/fileadmin/user_upload/praxpack_Kurzsteckbrief_RePack.pdf), zuletzt geprüft am 21.12.2022.

Zimmermann, Till; Falkenstein, Anna (2022): Erfolgreiche Beispiele für Mehrwegsystemanbieter für Versandverpackung im Onlinehandel. rhinopaq. Hamburg. Online verfügbar unter [https://www.praxpack.de/fileadmin/user\\_upload/praxpack\\_Kurzsteckbrief\\_rhinopaq.pdf](https://www.praxpack.de/fileadmin/user_upload/praxpack_Kurzsteckbrief_rhinopaq.pdf), zuletzt geprüft am 21.12.2022.

Zimmermann, Till; Hauschke, Fynn; Memelink, Robin; Reitz, Alexander; Pelke, Nane; John, René et al. (2021): Die Ökologisierung des Onlinehandels. Neue Herausforderungen für die umweltpolitische Förderung eines nachhaltigen Konsums. Teilbericht II. Umweltbundesamt (Texte, 142/2021).

Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/die-oekologisierung-des-onlinehandels-0>.

Zimmermann, Till; Hauschke, Fynn; Schomerus, Thomas; Ninnemann, Jan; Schüler, Kurt (2023): Die Ökologisierung des Onlinehandels - Neue Herausforderungen für die umweltpolitische Förderung eines nachhaltigen Konsums. Roadmap zur Entwicklung des Onlinehandels. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Texte, 03).

Zimmermann, Till; Memelink, Robin; Rödig, Lisa; Reitz, Alexander; Pelke, Nane; John, René; Eberle, Ulrike (2020): Die Ökologisierung des Onlinehandels. Neue Herausforderungen für die umweltpolitische Förderung eines nachhaltigen Konsums. Teilbericht I. Umweltbundesamt (Texte, 227/2020). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/die-oekologisierung-des-onlinehandels>.

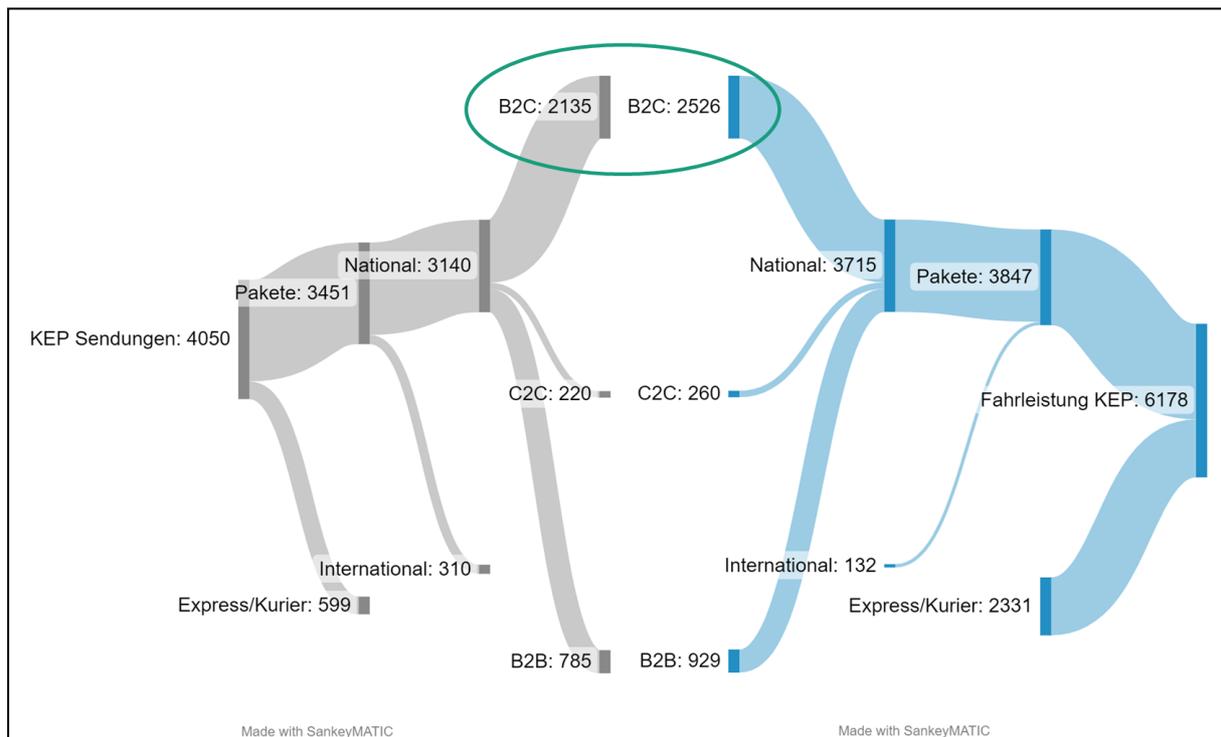
ZSVR (2021): Systembeteiligung 2017 bis 2020. Stiftung Zentrale Stelle Verpackungsregister. Online verfügbar unter [https://www.verpackungsregister.org/fileadmin/Auswertungen/Entwicklung\\_der\\_systembeteiligten\\_Mengen\\_2017-2020.pdf](https://www.verpackungsregister.org/fileadmin/Auswertungen/Entwicklung_der_systembeteiligten_Mengen_2017-2020.pdf), zuletzt geprüft am 19.12.2022.

## A.1 Anhang

### A.1.1 Lieferverkehr

Abbildung 30 zeigt grafisch auf, welcher Anteil von Sendungen und Fahrleistungen des KEP-Sektors in die Berechnungen mit einbezogen wurden. In den zwei folgenden Tabellen sind ergänzend die detaillierten Berechnungen der Emissionen je nach Zustellvariante bzw. nach Übergabevariante dargestellt.

**Abbildung 30: Relevante Sendungsanzahl und Fahrleistung für den Onlinehandel**



Legende: Links: Anzahl der Sendungen in Mio., rechts: Fahrleistung in Mio. km.  
Quelle: Fraunhofer ISI

**Tabelle 19: Emissionen je Lieferung nach Zustellvariante**

Variante Lieferung	a	b	c	d	e	Ø
<b>Anteil</b>	91,7%	0,9%	4,0%	3,0%	0,5%	100,0%
<b>N Haupt- &amp; Vorlauf (1-3)</b>	1	1	1	1	2	100,5%
<b>N Fahrt zu Paketshop (4+5)</b>	0	0	1	1	1	7,5%
<b>N Last Mile (6)</b>	1	2,2	1	0	1	98,0%
<b>N Abholung privat (7)</b>	0	0	1	1	0	7,0%
<b>THG-Emissionen gCO<sub>2</sub>/Paket</b>						
<b>N Haupt- &amp; Vorlauf (1-3)</b>	316	316	316	316	632	317
<b>N Fahrt zu Paketshop (4+5)</b>	0	0	81	81	81	6

<b>Variante Lieferung</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>Ø</b>
<b>Last Mile (6)</b>	551	1196	551	0	540	540
<b>Privat (7)</b>	0	0	45	45	0	3
<b>Summe</b>	<b>866</b>	<b>1511</b>	<b>992</b>	<b>442</b>	<b>1252</b>	<b>866</b>

Quelle: Fraunhofer ISI

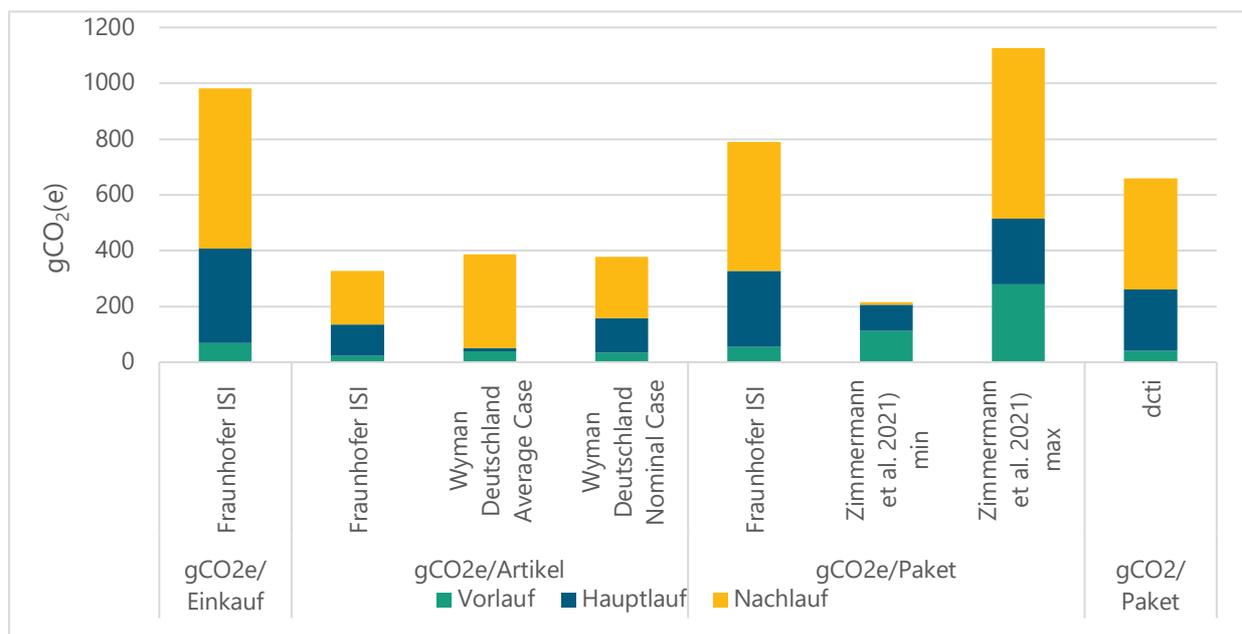
**Tabelle 20: Emissionen je Retoure nach Zustellvariante**

<b>Variante Lieferung</b>	<b>Privat weggebracht</b>	<b>Abgeholt</b>	<b>Ø</b>
<b>Anteil</b>	80,5%	19,5%	100,0%
<b>N Haupt- &amp; Vorlauf (1-4)</b>	1	1	100,0%
<b>N Fahrt zu Paketshop (5)</b>	1	0	80,5%
<b>N Last Mile (6)</b>	0	1	19,5%
<b>N Abholung privat (7)</b>	1	0	80,5%
<b>THG-Emissionen gCO<sub>2</sub>/Paket</b>			
<b>Haupt- &amp; Vorlauf (1-4)</b>	316	316	316
<b>Fahrt zu Paketshop (5)</b>	81	0	65
<b>Last Mile (6)</b>	0	551	107
<b>Privat (7)</b>	44	0	36
<b>Summe</b>	<b>441</b>	<b>866</b>	<b>524</b>

Quelle: Fraunhofer ISI

In Abbildung 31 findet sich ein Vergleich der Ergebnisse mit den Werten aus unserer Literaturanalyse.

**Abbildung 31: Einordnung der Ergebnisse in die Literaturwerte**

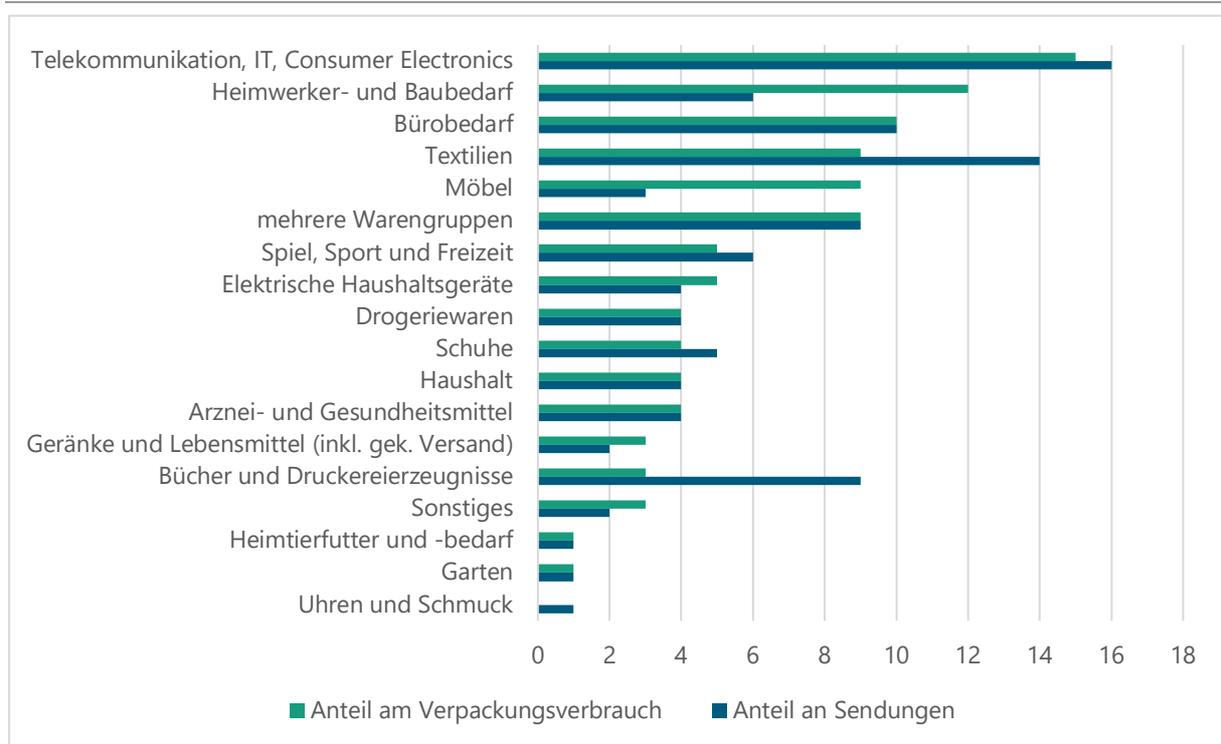


Quelle: Fraunhofer ISI

## A.1.2 Verpackungsaufkommen

Abbildung 32 zeigt analog zu Abbildung 8, wie sich die Anteile von PPK-Versandverpackungen nach Verbrauch und Sendungsanzahl auf die Warengruppen verteilen. Den größten Anteil am Verpackungsverbrauch haben Sendungen im Bereich Telekommunikation, IT, Consumer Electronics mit 15 %, Heimwerker- und Baubedarf mit 12 %, Bürobedarf mit 10 % und Textilien und Möbel mit jeweils 9 %. Alle weiteren Warengruppen haben einen Anteil am Verpackungsverbrauch von bis zu 5 %. Für die meisten Warengruppen ist der Anteil an den Sendungen in einem ähnlichen Bereich. Für die Warengruppen Heimwerker- und Baubedarf und Möbel ist mit 6 % bzw. 3 % er jedoch deutlich geringer. Umgekehrt ist der Anteil an Sendungen bei den Warengruppen Textilien mit 14 % deutlich größer und auch die Warengruppe Bücher und Druckereierzeugnisse hat mit 9 % einen signifikant höheren Anteil an den Sendungszahlen als am Verpackungsverbrauch (3 %).

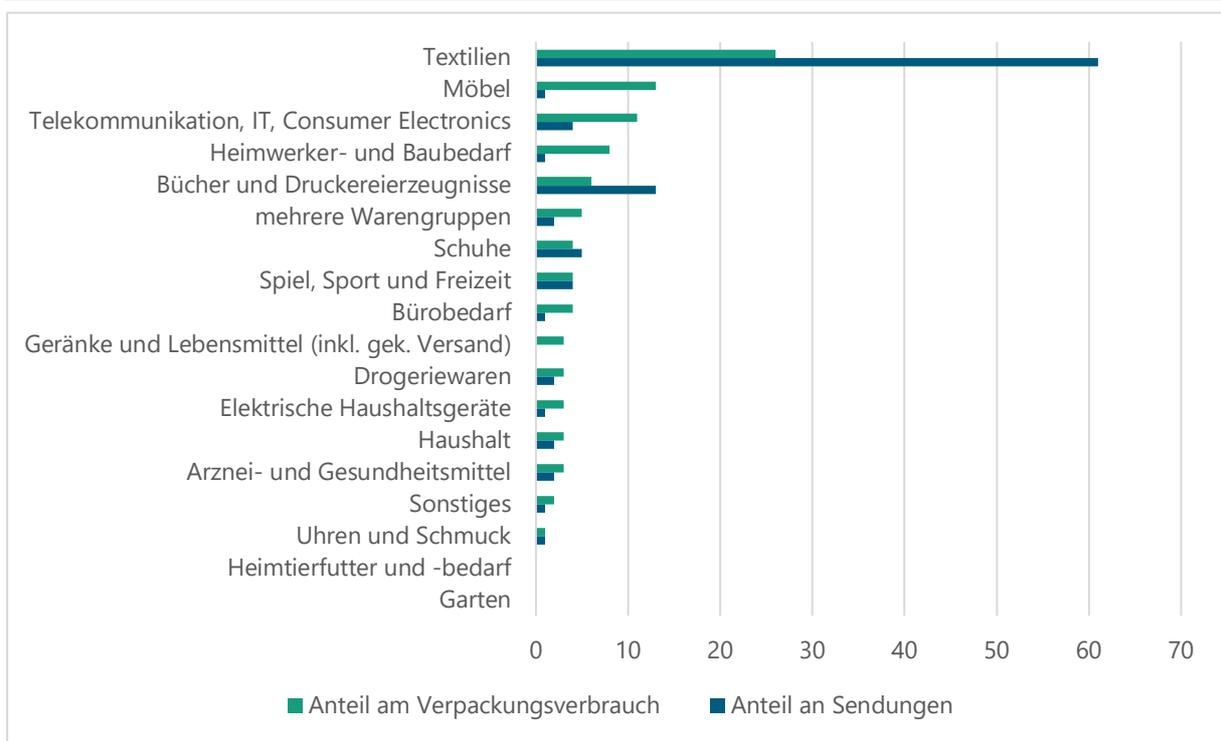
**Abbildung 32: Anteile an Verpackungsverbrauch und Sendungsanzahl nach Warengruppe im Online-/Versandhandel in Deutschland 2018 (PPK)**



Quelle: Zimmermann et al. (2021)

Abbildung 33 zeigt, wie sich die Anteile von LVP-Versandverpackungen nach Verbrauch und Sendungsanzahl auf die Warengruppen verteilen. Dabei wird deutlich, dass die Warengruppe der Textilien bei beiden Betrachtungsweisen den größten Anteil am Verpackungsaufkommen hat, wobei der große Unterschied zwischen Anteil am Verbrauch (26 %) und Anteil an Sendungszahlen (61 %) auffällt. Die Hauptgründe liegen hier ebenfalls in der Größe der Verpackung und der Sendungszahlen. Auch für Bücher und Druckereierzeugnisse ist der Anteil an den Sendungszahlen (13 %) deutlich größer als der Anteil am Verpackungsverbrauch (6 %). Für die meisten anderen Warengruppen hingegen - auch begründet durch den großen Anteil von Textilien - ist der Anteil an den Sendungszahlen geringer als der Anteil am Verpackungsverbrauch, z. B. für Möbel (1 % vs. 13 %) oder Produkte aus dem Bereich Telekommunikation, IT und Consumer Electronics (4 % vs. 11 %).

**Abbildung 33: Anteile an Verpackungsverbrauch und Sendungsanzahl nach Warengruppe im Online-/Versandhandel in Deutschland 2018 (LVP)**



Quelle: Zimmermann et al. (2021)

### A.1.3 Mehrweg-Versandverpackungen

Tabelle 21 zeigt eine beispielhafte Übersicht von Anbietern von Mehrwegversandverpackungen mit Informationen zum Verpackungstyp, dem verwendeten Material und der Rückgabeabwicklung.<sup>53</sup>

**Tabelle 21: Beispiele für Mehrweg-Versandverpackungen: Übersicht**

Anbieter	Verpackungstyp	Material	Rückgabe	Link
<b>FoxBox</b>	Hartverpackung	100% recyceltes PP	Paketservice (Filiale, Haustür)	<a href="https://www.fairfox.shop/foxbox/">https://www.fairfox.shop/foxbox/</a>
<b>hey circle</b>	Flexible Verpackung Hartverpackung	überwiegend PP, < 5% Polyester	Briefkasten Paketshop	<a href="https://www.heycircle.de/">https://www.heycircle.de/</a>
<b>Memo Box</b>	Hartverpackung	Procyclen (recyceltes PP)	Paketshop	<a href="https://www.memo.de/memo-box">https://www.memo.de/memo-box</a>
<b>Packoorang</b>	Flexible Verpackung	recyceltes PET	Keine Angabe	<a href="https://packoorang.com/">https://packoorang.com/</a>
<b>Ravioli</b>	Hartverpackung	PP, Recyclinganteil 40-60%	Paketshop	<a href="https://getravioli.de/">https://getravioli.de/</a>
<b>RePack</b>	Flexible Verpackung Hartverpackung	Recyceltes PP	Briefkasten	<a href="https://www.repack.com/">https://www.repack.com/</a>
<b>Re-Zip</b>	Flexible Verpackung Hartverpackung	Karton	Keine Angabe	<a href="https://re-zip.com/">https://re-zip.com/</a>
<b>rhinopaq</b>	Hartverpackung	50-60% recyceltes PP	Briefkasten	<a href="https://www.rhinopaq.com/">https://www.rhinopaq.com/</a>
<b>send me packs</b>	Hartverpackung	Gebrauchte Versandkartons	Keine Angabe	<a href="https://www.sendmepack.de/">https://www.sendmepack.de/</a>
<b>wir.kiste.kreis</b>	Hartverpackung	Karton, Recyclinganteil 100%	Keine Angabe	<a href="https://www.wirkistekreis.de/">https://www.wirkistekreis.de/</a>
<b>xpack</b>	Hartverpackung	Überwiegend recycelter Kunststoff	Paketshop	<a href="https://www.xpack.net/">https://www.xpack.net/</a>

<sup>53</sup> Die Angaben in Tabelle 21 und Tabelle 22 wurden von den Unternehmenswebseiten und diversen Veröffentlichungen im Rahmen des Projektes "praxpack" (<https://www.praxpack.de/>) zusammengetragen (Zimmermann und Bliklen 2020; Zimmermann und Falkenstein 2021a, 2021b, 2021d, 2021c, 2021e, 2022; Thesing und Diefenbach 2022.).

Tabelle 22 zeigt diejenigen Mehrwegversandverpacken aus Tabelle 21, für die Angaben zur maximal möglichen Umlaufzahl (theoretisch und in Praxistests) und ökologischem Break-Even-Point vorhanden sind.<sup>53</sup>

**Tabelle 22: Beispiele für Mehrweg-Versandverpackungen: weitergehende Informationen**

Anbieter	Verpackungstyp	Anzahl Umläufe theoretisch/in Tests	Ökologischer Break-even-point (Anzahl Umläufe)	Sonstiges
<b>hey circle</b>	Flexible Verpackung	ca. 30 (aktuell Tests)	40 (Vergleich mit Einwegkarton)	
<b>Memo Box</b>	Hartverpackung	> 100 (im Einsatz bestätigt)	32 (Vergleich mit Einwegkarton)	Rückgabequote im Einsatz ca. 99%
<b>Packoorang</b>	Flexible Verpackung	bis zu 100	Keine Angabe	
<b>RePack</b>	Flexible Verpackung	20 (im Einsatz mehr Umläufe bestätigt)	1-2 (Vergleich mit Einwegkarton) 3-5 (Vergleich mit LDPE-Versandtasche)	Rückgabequote in Tests ca. 75% - 80% CO <sub>2</sub> -Emissionen nach 20 Umläufen im Vergleich zu Einwegkarton
<b>Re-Zip</b>	Flexible Verpackung	bis zu 10	1	Rückgabequote in Tests ca. 80%
	Hartverpackung	bis zu 30	1	
<b>rhinopaq</b>	Hartverpackung	> 20	Keine Angabe	
<b>wir.kiste.kreis</b>	Hartverpackung	Keine Angabe	1-2 (Vergleich mit Einwegkarton)	
<b>xpack</b>	Hartverpackung	20-30	Keine Angabe	Rückgabequote in Tests > 95%

## A.1.4 Relevante Umweltkennzeichen für PPK-Versandverpackungen

Tabelle 23 zeigt eine Übersicht von Umweltkennzeichen, die für PPK-Versandverpackungen relevant sind. Die Kennzeichnung "chlorfrei gebleicht" ist nicht aufgeführt. Sie bedeutet, dass kein Altpapier enthalten ist und stellt keine Anforderungen an die Waldbewirtschaftung, sondern nur an den Chemikalieneinsatz bei der Bleichung. Heutzutage werden nur noch nur 5 % der weltweiten Produktion mit reinem Chlor produziert, 90 % sind elementarchlorfrei (ECF) und 5 % vollständig chlorfrei (TCF).<sup>54</sup>

**Tabelle 23: Übersicht Label**

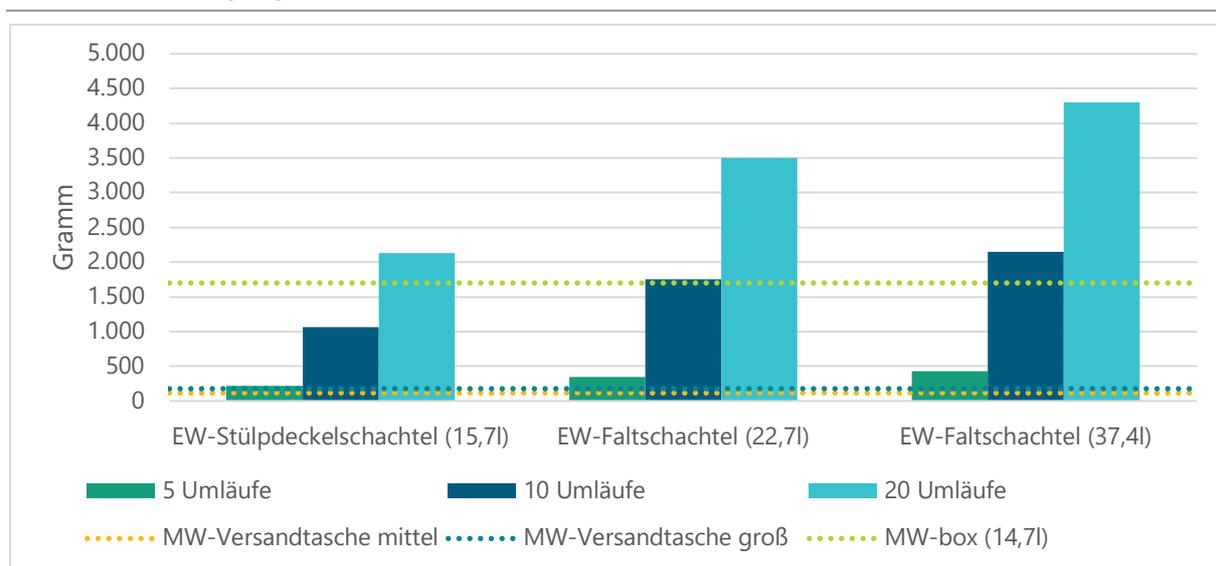
	<p><b>Der blaue Engel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 % Altpapier, davon mind. 65 % mittlere, untere und krafthaltige Sorten (gemäß "EN643 – Europäische Liste der Altpapierstandardsorten", z. B. Haushaltssammelware aus der Blauen Tonne)</li> <li>• Ausschluss von gesundheitsschädlichen Chemikalien (z. B. Chlor) in der Produktion</li> <li>• Kriterien für Gebrauchstauglichkeit und Alterungsbeständigkeit</li> <li>• strengstes Umweltzeichen bzgl. Nachhaltigkeit</li> </ul>
	<p><b>FSC Mix</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• FSC = Forest Stewardship Council, Label für nachhaltige Waldbewirtschaftung</li> <li>• mind. 70 % FSC-zertifizierte Frischfasern, Recyclingfasern oder Mischung von beidem</li> <li>• restliche bis zu 30 % nicht zertifizierte Frischfasern</li> <li>• i. d. R. ausschließlich Frischfasern</li> <li>• ca. 80 % des FSC-Marktes</li> </ul>
	<p><b>FSC 100 %</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 % Frischfasern aus FSC-zertifizierten Naturwäldern/Plantagen</li> <li>• ca. 10 % des FSC-Marktes</li> </ul>
	<p><b>FSC Recycled</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 % Recyclingfasern</li> <li>• keine Vorgabe zu Pre- oder Post-Consumer-Anteil, dadurch 100 % hochweiße und unbedruckte Recyclingfasern (z. B. industrielle Schnittreste) möglich</li> <li>• ca. 5-10 % des FSC-Marktes</li> </ul>
	<p><b>PEFC</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PEFC = Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes, Label für nachhaltige Waldbewirtschaftung</li> <li>• Papier mit "PEFC"-Label: 100 % Frischfasern, mind. 70 % davon aus PEFC-zertifizierten Wäldern</li> </ul>
	<p><b>EU-Ecolabel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• für Recyclingpapiere und Frischfaserpapiere</li> <li>• mind. 70 % zertifiziertes Material aus nachhaltiger Forstwirtschaft (z. B. FSC, PEFC) oder Recyclingmaterial</li> <li>• beschränkt Chemikalieneinsatz und Energieverbrauch im Herstellungsprozess</li> </ul>

<sup>54</sup> Siehe <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/haushalt-wohnen/papier-recyclingpapier#hintergrund>

## A.1.5 Abfallaufkommen von Versandverpackungen

Abbildung 34 zeigt in Ergänzung zu Abbildung 18 in Abschnitt 2.2.4, welches Abfallaufkommen nach unterschiedlichen Umlaufzahlen durch eine Mehrweglösung (Wiederverwendung) und durch Einweglösungen (je Umlauf eine Einweg-Verpackung) entsteht.

**Abbildung 34: Abfallaufkommen von Versandverpackungen: Mehrweg (MW) vs. Einweg (EW)**



Quellen: Zimmermann et al. (2021), Detzel et al. (2021), RePack

## A.1.6 Ergebnisse der Literaturrecherche zu nachhaltigem Onlinekonsum

**Tabelle 24: Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche**

Autoren	Titel	Journal	Jahr	Implikationen
Rausch, TM; Baier, D; Wening, S	Does sustainability really matter to consumers? Assessing the importance of online shop and apparel product attributes	JOURNAL OF RETAILING AND CONSUMER SERVICES	2021	Passform und Komfort, Preis-Leistungsverhältnis, Qualität wichtiger als nachhaltige Attribute
Ali Hakami, NA; Mahmoud, HAH	Deep Learning Analysis for Reviews in Arabic E-Commerce Sites to Detect Consumer Behavior towards Sustainability	SUSTAINABILITY	2022	Deep Learning kann eingesetzt werden um customer reviews zu analysieren und die Aussagen zu klassifizieren. Die Studie erklärt nicht eindeutig wie genau diese Analysen nachhaltiges Kaufverhalten unterstützen könnten
Koleva, S; Chankov, S	The Impact of the COVID-19 Pandemic on E-commerce Consumers' Pro-environmental Behavior	DYNAMICS IN LOGISTICS (LDIC 2022)	2022	Während der Pandemie neigten die Verbraucher zu einem weniger umweltfreundlichen Verhalten, aber nach dem Ende der Pandemie sind sie fest entschlossen, umweltfreundlichere Praktiken anzuwenden.
Islam, M.S., Proma, A.M., Wohn, C., Berger, K., Uong, S., Kumar, V., Korfmacher, K.S., Hoque, E.	SEER: Sustainable E-commerce with Environmental-impact Rating	Cleaner Environmental Systems	2023	Einfache Darstellung der Umweltauswirkung beeinflusst "grünes" Kaufverhalten. SEER, Design-Konzept für Online-Shopping zur Integration von environmental impact ratings zur Förderung nachhaltiger Kaufentscheidungen, Wirksamkeit nachgewiesen
Yoon, H.J., Lee, Y.J., Sun, S., Joo, J.	Does congruency matter for online green demarketing campaigns? Examining the effects of	Journal of Research in Interactive Marketing,	2023	Untersuchung der Bedeutsamkeit von Kongruenz (Übereinstimmung) zw. Homepage und folgender Werbung auf anderer Website für grünes Demarketing, Ergebnis: Kongruenz bes. relevant beim Browsen von Nachrichten. --> Kongruenz rel. damit grünes Demarketing funktioniert (z.B. anti-consumption)

Autoren	Titel	Journal	Jahr	Implikationen
Peng, W., Su, D.	Novel ICT System for Recycling and Eco-Shopping	SUSTAINABILITY	2022	Umweltgutschriften/Anreize/Kosten (Ökokonto) sind wirkungsvoll für "grünes" Konsumverhalten
Bozzi, C., Neves, M., Mont'alvão, C.	Fashion E-Tail and the Impact of Returns: Mapping Processes and the Consumer Journey towards	SUSTAINABILITY	2022	Darstellung von Umweltauswirkungen (ins. Versand und Retouren) sind wirkungsvoll für "grünes" Konsumverhalten
Hollaus, M., Schantl, J.	Incentivizing Consumers Towards a More Sustainable Online Shopping Behavior: A Study on	ACM International Conference Proceeding Series	2022	Belohnungen für die Verbraucher:innen führen zu "grüneren" Kaufentscheidungen
Michels, L., Ochmann, J., Günther, S.A., Laumer, S., Tiefenbeck, V.	Empowering Consumers to Make Environmentally Sustainable Online Shopping Decisions: A Digital	Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences	2022	Green Nudges sind wirkungsvoll bei der Kaufentscheidungsfindung; Active Choice und Selbstnudging werden positiver wahrgenommen als Default-Nudges
Zerbini, C., Vergura, D.T.	Online Shopping and Sustainability. Willingness to Pay a Contribution to Offset Environmental	International Series in Advanced Management Studies	2022	nachhaltiges Verhalten wurde durch die Einstellung der Verbraucher zur Umwelt und ihr Wissen über Umweltprobleme bestimmt; die Einstellung zum Beitrag wurde durch positive bzw. negative Emotionen positiv bzw. negativ beeinflusst.
Bo, L., Yang, X.	Is consumers' willingness to pay premium for agricultural brand labels sustainable?: evidence from	British Food Journal	2022	Bereitschaft Prämien zu zahlen ist für regionale Marken höher als für Unternehmensmarken
Colasante, A., D'Adamo, I.	The circular economy and bioeconomy in the fashion sector: Emergence of a "sustainability bias"	Journal of Cleaner Production	2021	second hand wird negativer wahrgenommen als bio-basiert; was Nachhaltigkeit tatsächlich bedeutet muss Verbraucher:innen noch stärker bewusst gemacht werden
Xie, G., Huang, L., Apostolidis, C., Huang, Z., Cai, W., Li, G.	Assessing consumer preference for overpackaging solutions in e-commerce	International Journal of Environmental Research and Public Health	2021	"Nicht-grüne"(combined) Verpackung hat negativen Einfluss auf die Verbraucherpräferenz, Einrichtung eines Recyclingsystems hat pos. Einfluss auf Verbraucherpräferenz

Autoren	Titel	Journal	Jahr	Implikationen
Joe Waheed Sayyed, B., Erum Sherieff, S., Gupta, R.	New Technology: Impact on Green Consumerism via Social media and AI in Fashion Industry	International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in	2021	Soziale Medien haben hohen Wirkungsfaktor auf Kaufentscheidungen
Nguyen, A.	Sustainability, green IT awareness and online shopping: An Australian perspective	Green Energy and Technology	2020	Verbraucher:innen unterscheiden zwischen "guten"/"schlechtem" Online-Shopping und glauben, dass das "gute" auch umweltverträglich ist
Wernbacher, T., Seewald, A., Denk, N., Pfeiffer, A., Platzer, M., Winter, T.	Think!first: Inducing behavioural change through gamification, persuasive design principles and	Proceedings of the European Conference on Games-based Learning	2019	Gamification-Strategien, persuasiven Gestaltungsprinzipien und Machine-Learning-Algorithmen führen zu signifikanten Veränderungen des Interesses und des Wissens über nachhaltiges Einkaufen
Wagner, M., Curteza, A., Chen, Y., Thomassey, S., Zeng, X.	Environmentally-friendly perception of fashion products: A kansei study	Advances in Intelligent Systems and Computing	2018	Nachhaltiges Produktdesign hat Einfluss auf die Markenwahrnehmung (Eco-Image)

**Tabelle 25: Ergebnistabelle der Literatursuche nach dem Schneeballeffekt**

Autoren	Titel	Journal/Verlag/Herausgeber	Jahr
Acuti, D., Pizetti, M. & Dulnicar, S.	When sustainability backfires: A review on the unintended negative side-effects of product and service sustainability on consumer behavior	Psychology & Marketing	2022
Asdecker, B., Felch, V. & Karl, D.	European Return-o-Meter	Forschungsgruppe Re-tourenmanagement, Otto-Friedrich-Universität Bamberg	2022
Baden, D. & Frei, R.	Product Returns: An Opportunity to Shift towards an Access-Based Economy	Sustainability	2022
Castelblanco, T.	Innovative Tools for the Prevention of Product Returns in E-Commerce	Politecnico di Milano	2021
Ebner, E., Sauer, J., Spitzer, S.	Green Nudging im E-Commerce	Springer Gabler Wiesbaden	2022

<b>Autoren</b>	<b>Titel</b>	<b>Journal/Verlag/Herausgeber</b>	<b>Jahr</b>
Gossen, M., Frick, V., Lell, O., Scholl, G.	Politik für nachhaltigen Konsum in der digitalen Welt	Umweltbundesamt	2022
Gossen, M. & Schraeder, U.	Welche Potenziale die Digitalisierung für ein suffizienzförderndes Marketing bringt	Ökologisches Wirtschaften	2018
Heinrich, A. & Müller-Christ, G.	Unternehmen kommunizieren Suffizienz – Beispiele aus der Praxis für die Förderung eines genügsamen Konsums	Springer Gabler, Wiesbaden	2021
Zimmermann, T. Memelink, R., Rödig, L., Reitz, A., Pelke, N., John, R., Eberle, U.	Die Ökologisierung des Onlinehandels - Neue Herausforderungen für die umweltpolitische Förderung eines nachhaltigen Konsums - Teilbericht 1	Umweltbundesamt	2020
Zimmermann, T., Hauschke, F. Memelink, R., Reitz, A. Pelke, N., John, R., Eberle, U. Ninnemann, J	Die Ökologisierung des Onlinehandels - Neue Herausforderungen für die umweltpolitische Förderung eines nachhaltigen Konsums - Teilbericht 2	Umweltbundesamt	2021
Zimmermann, T. Hauschke, F.; Schomerus, T. Ninnemann, J., Schüler, K.	Die Ökologisierung des Onlinehandels - Neue Herausforderungen für die umweltpolitische Förderung eines nachhaltigen Konsums - Roadmap zur Entwicklung des Onlinehandels	Umweltbundesamt	2023
Elsner, N.	Suffizienzförderung in der Marketingkommunikation	Hochschule Offenburg	2023
White, K., Habib, R., Hardisty, D. J.	How to SHIFT Consumer Behaviors to be More Sustainable: A Literature Review and Guiding Framework	Journal of Marketing	2019
Steinbiß, K. & Fröhlich, E.	Zur Steuerung nachhaltigen Konsums: Die Entwicklung einer nachhaltigen Customer Journey..	Springer Gabler, Wiesbaden	2021
Klein, P. & Popp, B.	Nachhaltigkeit im E-Commerce: die letzte Meile aus Konsumentensicht	Springer Gabler, Wiesbaden	2021
Wang, Y.; Ramachandran, V. Sheng, O. R.L.	Do Fit Opinions Matter? The Impact of Fit Context on Online Product Returns	Information Systems Research	2021

<b>Autoren</b>	<b>Titel</b>	<b>Journal/Verlag/Herausgeber</b>	<b>Jahr</b>
O'Rourke, D. & Ringer, A.	The Impact of Sustainability Information on Consumer Decision Making	Journal of Industrial Ecology	2015
Nestler, A., Karessli, N., Hajjar, K., Weffer, R., Shirvany, R.	SizeFlags: Reducing Size and Fit Related Returns in Fashion E-Commerce	Proceedings of the 27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery & Data Mining	2021
Mirbabaie, Milad; Marx, Julian; Germies, Johanna	Conscious Commerce – Digital Nudging and Sustainable E-commerce Purchase Decisions	Australasian Conference on Information Systems	2022
Prasenjit Mandal, Preetam Basu, Kushal Saha	Forays into omnichannel: An online retailer's strategies for managing product returns	European Journal of Operational Research	2021
Kampffmeyer, N. & Gensch, C. O.	Working Paper: Nachhaltiger Konsum durch Digitalisierung?	Öko-Institut e.V.	2019
Kahlenborn, W.; Keppner, B. Uhle, C.	Die Zukunft im Blick: Konsum 4.0: Wie Digitalisierung den Konsum verändert	Umweltbundesamt	2018
Hagemann, H.	Umweltrelevante Produktinformationen im E-Commerce – Chancen für nachhaltigen Konsum	Umweltbundesamt	2015
Buerke, A.	Nachhaltigkeit und Consumer Confusion am Point of Sale	Springer Gabler Wiesbaden	2016
Weissing, K.	Online-Kommunikation für Zielgruppen mit einem nachhaltigen Lebensstil	Springer Gabler Wiesbaden	2020

## Nachwort: Politische Handlungsempfehlungen aus Sicht des bevh

---

Auch wenn die meisten Treibhausgas-Emissionen schon bei der Produktion und nicht erst beim Verkauf von Waren entstehen, so arbeiten Onlinehändler beständig daran, ihr Angebot noch nachhaltiger zu gestalten. Dabei sind sie auch erfolgreich. Denn der Onlinehandel ist in vielen Situationen nicht schlechter, sondern mittlerweile in Sachen Nachhaltigkeit sogar besser aufgestellt als der stationäre Handel und sollte daher auch nicht regulatorisch diskriminiert werden. Stattdessen sollte durch die Förderung neuer digitaler Geschäftsmodelle die Entwicklung eines nachhaltigen Handels, einer nachhaltigen Wirtschaft unterstützt werden.

Wir als E-Commerce Branche gehen das Thema gerade auch mit dieser Studie positiv und selbstbewusst an, um für uns mögliche Stellhebel zu identifizieren und im Sinne einer höheren ökologischen Nachhaltigkeit einzusetzen. Damit dies auch in anderen Branchen geschieht und die Offenlegung der Emissionen in den einzelnen Teilbereichen im E-Commerce kein Fingerpointing zur Folge hat, wäre es wünschenswert, dass alle Branchen eine solche Bestandsaufnahme vornehmen, ihre Umweltauswirkungen und Emissionen bemessen lassen und aufzeigen, wo Verbesserungspotenziale liegen, die noch gehoben werden können. Im Hinblick auf die stetig wachsende regulatorische Belastung im Handel und vor allem im E-Commerce sollte ein stärkerer Fokus auf praktische Umsetzbarkeit und ökologischen Nutzen gelegt werden. Ökologische Nachhaltigkeit hat einen hohen Stellenwert für die Unternehmen im E-Commerce und gleichzeitig ist es von höchster Wichtigkeit, dass gerade in diesen wirtschaftlich sehr angespannten Zeiten darauf geachtet wird, dass Unternehmen auch noch die Umsätze erwirtschaften können, die sie benötigen, um die nachhaltige Transformation weiter voranzutreiben.

Die vorliegende Studie des Fraunhofer Instituts identifiziert hierfür einige Ansatzpunkte und Stellrauben. Auch wenn einiges von den Händlerinnen und Händlern selbst umgesetzt werden kann, so ist ein insgesamt nachhaltiges Ökosystem notwendig, um entstehende Emissionen dauerhaft zu reduzieren. Das betrifft zum einen auch die Paket- und Postdienstleister sowie Anbieter von Infrastrukturlösungen, Verbraucherinnen und Verbraucher aber auch die Politik, die mit der Förderung eines entsprechenden regulatorischen Rahmens die Entwicklung zu einem noch nachhaltigeren Onlineeinkauf unterstützen kann. Dabei lassen sich aus der Studie für alle sechs untersuchten Teilbereiche: Lieferverkehre, Verpackung, digitale Infrastruktur, Logistikzentren, neue Geschäftsmodelle und Konsumverhalten Handlungsempfehlungen für die Politik ableiten, die die Entstehung bzw. den weiteren Ausbau eines nachhaltigen Ökosystems für den Onlinehandel unterstützen können. Dabei gilt es zu beachten, dass die einzelnen Maßnahmen ineinandergreifen und somit positive Effekte in verschiedenen Teilbereichen erzeugen können.

### 1. Lieferverkehr

Die Emissionen im Bereich der Lieferverkehre auf der letzten Meile lassen sich, so die Studie, insbesondere durch die Elektrifizierung der Fahrzeugflotten reduzieren. Hierfür sollten noch stärkere Anreize speziell für Liefer- und Transportfahrzeuge gesetzt werden, damit Paket- und Logistikdienstleister ihre Flotten entsprechend umstellen. Wenn weitere Forschung das erwartete Einsparpotenzial bestätigt, sollten außerdem Mikro-Hub Lösungen und der Ausbau zum Autoverkehr alternativer Liefernetze, wie z.B. des Güterstraßenbahnnetzes stärker gefördert werden. Diese Maßnahmen tragen aber auch jetzt schon zur Verbesserung der Stadtluft und des Verkehrsaufkommens bei und sind insofern unterstützenswert (vgl. S. 28). Nicht zuletzt

würde auch, wie im aktuellen Entwurf der StVO-Novelle vorgesehen, eine Schaffung von spezifischen Ladezonen helfen, unnötige Umwege von Zustellfahrzeugen zu vermeiden (s. Neue Geschäftsmodelle).

Pakete, die in Paketstationen oder Paketshops zugestellt werden, verursachen nur ca. die Hälfte (51 %) der THG-Emissionen einer Haustürzustellung und nur 45 % eines Pakets, das erst nach einem gescheitertem Zustellversuch im Paketshop abgeholt wird (vgl. S. 29). Deshalb tragen Paketstationen und Paketshops, insbesondere wenn sie anbieterneutral gestaltet sind, zur Reduktion von THG-Emissionen bei – vorausgesetzt sie sind für Kundinnen und Kunden gut erreichbar – idealerweise zu Fuß oder mit dem Fahrrad – und lassen sich in deren Alltag gut integrieren, weil sie ohnehin auf dem Weg liegen, z.B. bei Supermärkten oder Bahn- und Bushaltestellen. In diesem Sinne sollten die Genehmigungsverfahren für Paketshops und Packstationen beschleunigt und stark entbürokratisiert werden. Wo keine privaten Flächen zur Verfügung gestellt werden können, sollten möglichst unkompliziert auch öffentliche Flächen zur Nutzung durch Paketautomaten freigegeben werden. Auch die Förderung anbieterneutraler Angebote sollte von der Politik gefördert werden, da sich hier durch Bündelungseffekte nicht nur Betriebskosten, sondern auch THG-Emissionen noch weiter reduzieren lassen (vgl. S. 29).

Dies kann auch die Reduktion von THG-Emissionen bei Retouren unterstützen. Durch mehr gut erreichbare Rückgabemöglichkeiten in Paketshops oder auch in stationären Geschäften selbst, die gut in ohnehin im Alltag zurückzulegende Wege wie z.B. den zur Arbeit integriert werden können, werden unnötige Umwege seitens der Kundinnen und Kunden vermieden. Momentan müssen noch 33 % der Befragten Umwege bei der Retourenrückgabe in Kauf nehmen (vgl. S. 25) – ein Wert, der durch entsprechende politische Unterstützung verbessert werden könnte.

Auch wenn Händlerinnen und Händler selbst ihre Instrumente in diesem Bereich abwägen und entscheiden müssen, wie sie hier zielgruppenspezifisch die richtigen Anreize setzen und den Kunden mit Informationen unterstützen, das für sich optimale Produkt zu finden, kann die Politik sie auch hierbei unterstützen. So sollte sie dafür Sorge tragen, dass Händler ihre Werkzeuge zur Retourenvermeidung<sup>55</sup> in vollem Umfang nutzen können. Dies beinhaltet beispielsweise die Förderung des Einsatzes neuer Technologien zur Körpervermessung oder zu Größenempfehlungen basierend auf der bisherigen Kaufhistorie und die Vermeidung von Fehlkäufen durch Personalisierung und Nudging. Derzeitige Debatten lassen aber darauf schließen, dass die Politik der hierfür notwendigen Verwendung persönlicher Daten eher skeptisch gegenübersteht und auch Nudging, das von manchen auch als „Dark Patterns“ diffamiert wird, ist hochumstritten. Allerdings muss Nudging zumindest in diesem Bereich weiter möglich bleiben, wenn Händlerinnen und Händler effizient Retouren vermeiden sollen (s. Nachhaltiger Konsum).

Gerade im Modebereich fallen sehr viele Retouren an. Dies liegt u.a. auch daran, dass es bislang keine wirklich standardisierten Größen gibt. Hier könnte die Politik ansetzen und für eine Vereinheitlichung am besten auf internationaler Ebene sorgen. So könnten noch mehr Retouren vermieden werden.

Denn die beste Retoure ist keine Retoure. Kommt es aber dennoch dazu, dass ein Kunde sein gesetzliches Recht auf Widerruf nutzt, was nie komplett ausgeschlossen werden kann, bereiten Händlerinnen und Händler die Ware so weit möglich wieder auf und bringen sie entweder direkt oder als B- oder C-Ware in den Wiederverkauf oder spenden sie an gemeinnützige Organisationen. Nur in begründeten Ausnahmefällen muss Ware entsorgt werden. Damit aber noch mehr

---

<sup>55</sup> Vgl. Hrsg. Prof. Dr. Gerrit Heinemann / Alien Mulyk (2023): bevh-Retourenkompendium, 2. Auflage, Kapitel 5: Händlerperspektive, <https://bevh.org/daten-studien/retourenkompendium>.

Waren gespendet werden können, sollte der Gesetzgeber die Umsatzbefreiung von Sachspenden, wie im Koalitionsvertrag angekündigt, endlich umsetzen. Dies ist auch innerhalb der derzeitigen EU-Steuergesetzgebung bereits möglich.<sup>56</sup>

Eine weitere Option Emissionen in der Logistik zu reduzieren, besteht in der Vermeidung von Leerraum in den Transportern. Schon durch die Reduktion von nur 5 % des durchschnittlichen Paketvolumens könnten 2026, so die Studie, 61 kt CO<sub>2</sub>e eingespart werden (vgl. S. 31). Aber wie die Autoren richtig feststellen, liegt die Reduktion des Paketvolumens auf ein Minimum schon allein im wirtschaftlichen Interesse der Händler, da sich hierdurch Kosten sparen lassen. Ansätze wie in der derzeit diskutierten EU-Verpackungsverordnung, die pauschal einen maximalen Leerraum von 40% pro Paket vorschreiben will, sind dabei eher hinderlich. Produkte mit unregelmäßigen Formen wie beispielsweise Bälle oder Hockeyschläger aber auch Eimer oder Aktenordner, die bereits selbst Leerraum enthalten, können diese Vorgabe, in quadratische Verpackungen verpackt, nicht erfüllen. Würden sie allerdings nicht mehr in rechteckigen Verpackungen verpackt, dafür der Leerraum in den Paketen aber weniger als 40 % betragen, wäre dies nicht zielführend, da der Leerraum dann im Transporter selbst entsteht. Denn am effizientesten kann der Raum im Transporter mit stapelbaren, rechteckigen Paketen genutzt und so Fahrten eingespart werden (mehr zur Förderung der optimalen Verpackung im nächsten Punkt).

Im Sinne der Routenoptimierung und der Reduktion der zurückzulegenden Wege auf ein Minimum gerade in ländlichen Gebieten muss die Politik entsprechende wettbewerbsrechtliche Ausnahmen für Kooperationen verschiedener KEP-Dienstleister in bestimmten geographischen Gebieten schaffen. Denn schon der Zusammenschluss von nur zwei Anbietern kann eine Senkung der Emissionen um 25 % bewirken – bei fünf Anbietern sinken sie sogar auf ein Drittel (vgl. S. 31). Basis für solche Kooperationen ist aber auch eine Standardisierung beispielsweise von Tracking-Nummern.

## 2. Verpackungen

Händlerinnen und Händler versuchen bereits ihre Verpackungen stetig zu optimieren und dabei Leerraum und Verpackungsmaterialien zu reduzieren. Dabei steht aber der Schutz des Produktes an oberster Stelle. Das Fraunhofer Institut errechnet ein Einsparpotenzial des Verpackungsaufkommens von 6,5 % durch passgenauere Versandkartonage (vgl. S. 46). Dies darf aber nicht durch pauschale Festlegungen wie in der EU-Verpackungsverordnung vorgesehen ad absurdum geführt werden. Denn die pauschale Vorgabe von einem maximalen Leerraum von 40% in Paketen ist wenig praktikabel. In manchen Fällen führt diese Vorgabe sogar zur Verwendung von mehr Verpackungsmaterial und konterkariert damit das Ziel der Verordnung. So müssten Waren mit unregelmäßigen Formen (z.B. Hockeschläger, Bälle und andere kugelförmige Gegenstände) oder solche, die von Natur aus selbst Leerraum enthalten (z.B. Eimer, Schalen oder Aktenordner), die bislang keine Produktverpackung benötigt haben, künftig zusätzlich verpackt werden, damit die Versandverpackung weniger als 40 % Leerraum enthält. Zudem sind Ausnahmen ebenfalls für sehr kleine Produkte notwendig, da Paketdienstleister Mindestgrößen für Pakete vorgeben, damit das Label einwandfrei aufgeklebt und gelesen werden kann. Ebenso bedarf es einer Ausnahmeregelung für zerbrechliche Produkte, die aufgrund ihrer Fragilität Füllmaterialien als Puffer benötigen. Denn kommt ein Produkt zerbrochen an, hat man durch die Einsparung an Verpackungsvolumen nichts gewonnen: es kommt zur Retoure und das Produkt

---

<sup>56</sup> Vgl. Birkenfeld (2020): Umsatzsteuerliche Beurteilung von Sachspenden an gemeinnützige Abnehmer, [https://bevh.org/fileadmin/content/05\\_presse/Pressemitteilungen\\_2020/200504\\_-\\_Gutachten\\_-\\_Spendenstattentsorgen.pdf](https://bevh.org/fileadmin/content/05_presse/Pressemitteilungen_2020/200504_-_Gutachten_-_Spendenstattentsorgen.pdf).

muss u.U. entsorgt werden. Eine durchaus durchsetzbare Lösung wäre daher die 40% Leerraum im Durchschnitt aller Sendungen pro Unternehmen anzusetzen. Dies würde auch langen, unübersichtlichen Positiv-/ Negativ-Listen von Ausnahmen entgegenwirken, was sonst einen erheblichen Bürokratieaufwand bedeuten würde. Auch Mehrwegboxen sollten von dieser Vorgabe ausgenommen werden. Denn gerade stabile Mehrwegboxen, die für einige Produkte die einzige mögliche Mehrwegverpackungsoption sind, sind nicht größenverstellbar, schaffen aber die meisten Umläufe und sind damit ökologisch vorteilhafter.

Die Reduktion des Verpackungsmaterials ohne Beeinträchtigung der Schutzfunktion für die versendete Ware hat oberste Priorität für Onlinehändler – allein schon aus wirtschaftlichen Gründen. Allerdings besteht, wie in der Studie gezeigt, oft eine schwierige Abwägung zwischen den Vor- und Nachteilen von Kunststoff- und Pappverpackungen. Hier bleibt festzuhalten, dass Kunststoffverpackungen in bestimmten Fällen sogar ökologisch vorteilhafter als Pappe sein können. Es kann hier von den Forschenden keine allgemeingültige Empfehlung für oder gegen Plastik- und Pappverpackungen ausgesprochen werden, da das Abwägen der Vor- und Nachteile äußerst komplex ist und einer Einzelfallabwägung bedarf (vgl. S. 49). Die Politik sollte also nicht pauschal ein Verpackungsmaterial verbieten. Stattdessen sollte sie darauf hinwirken, die Situation etwas wenig komplexer zu gestalten – auch im Sinne der Verbraucherinnen und Verbraucher: So sind beispielsweise biologisch abbaubare Kunststoffe derzeit in Deutschland noch nicht ökologisch vorteilhaft, da sie nicht recycelt, sondern verbrannt werden, weil sie weder über die Biotonne noch über den gelben Sack entsorgt werden können und so dem Materialkreislauf verloren gehen. Damit sich die Investitionen in biologisch abbaubare Kunststoffe auch lohnen, sollte die Politik die weitere Forschung in diesem Bereich unterstützen und dafür Sorge tragen, dass sie auch nachhaltig entsorgt werden könne. Außerdem bedarf es hier sehr viel Aufklärungsbedarf auf Seiten der Kunden, die häufig die Pappverpackung für generell nachhaltiger als die Plastikverpackung halten und Unternehmen, die sich für Plastik entscheiden, abstrafen, auch wenn dies in einigen Fällen die nachhaltigste Verpackungsoption ist.

Auch Mehrwegverpackungen werden in der Studie als Möglichkeit identifiziert, Verpackungsmüll einzudämmen, wobei ebenfalls darauf verwiesen wird, dass auch die Leertransporte, die bei der Rücksendung entstehen, berücksichtigt werden müssen (vgl. S. 43). Dies gilt es auch bei dem aktuell diskutierten Vorschlag der EU-Verpackungsverordnung zu beachten. Demnach sollen Händler bis 2030 10 % und bis 2040 50 % ihrer Sendungen in Mehrweglösungen verpacken. Zwar gibt es mittlerweile verschiedene Mehrwegverpackungen auf dem Markt – Kisten oder Versandtaschen, aber abgesehen davon, dass nicht alle Sendungen für Mehrwegversandoptionen geeignet sind, fehlt bislang die notwendige Infrastruktur, um den Einsatz von Mehrwegverpackungen ökologisch sinnvoller zu gestalten. Denn Mehrwegverpackungen sind nur nachhaltig, wenn sie möglichst viele Umläufe schaffen und geringe Distanzen vom Kunden zum Aufbereitungsort und zurück zum Händler zurücklegen (vgl. S. 50). Dies kann nur über Pooling-Lösungen erreicht werden. Die Standardisierung der Prozesse und einfache, nahegelegene, in den Alltag integrierbare Rückgabemöglichkeiten unterstützen zudem die dringend benötigte Akzeptanz der Kundinnen und Kunden (vgl. S. 51), die zudem bereit sein müssen, sich über ein Pfandsystem zu beteiligen. Die Politik muss den Aufbau dieser Infrastruktur ähnlich dem Flaschenpfandsystem am besten europaweit unter Beteiligung aller Betroffenen unterstützen – denn nur so kann sichergestellt werden, dass die Vorteile der Mehrwegverpackung nicht von den Nachteilen eines langen, leeren Rücktransports überwogen werden. Außerdem muss darauf geachtet werden, dass Mehrweglösungen für so viele Produkte wie möglich verwendet werden können. Dafür muss die Vielfalt der derzeit auf dem Markt vorhandenen Verpackungen erhalten bleiben. Insbesondere robuste Hartplastikboxen, die nicht in der Größe verstellbar, da-

für aber besonders stabil sind, viele Umläufe schaffen und auch fragilere Produkte transportieren können, müssen demnach von der 40%-Leerraumregelung in der EU-Verpackungsverordnung ausgenommen werden. Zudem ist die Auslastung der Mehrwegversandlösungen weniger relevant als die Materialauswahl (vgl. S. 50). Ansonsten würden diese Modelle vom Markt verschwinden, viele Produkte könnten aufgrund nicht geeigneter Verpackungen nicht mehr in Mehrweglösungen versandt werden und bereits getätigte Investitionen und Innovationen seitens der Unternehmen würden zunichte gemacht. Dabei gilt es zu beachten, dass der finanzielle und zeitliche Aufwand für die Umstellung von Händlern auf Mehrweglösungen nicht zu unterschätzen ist. Denn die Kosten entstehen nicht nur durch die Anschaffung der Verpackungen und die Umstellung bzw. Anpassungen im Logistikprozess inklusive der Rücksendung, Prüfung und Reinigung. Hinzukommt der hohe Aufwand in der Umstellung der IT, da bereits im Bestellprozess festgestellt werden muss, ob, insbesondere bei Bündelungen von Bestellungen ein Versand in der Mehrwegverpackung überhaupt möglich ist (vgl. S. 44). Außerdem müssen auch Kooperationen mit Versorgungsunternehmen gefunden werden, da sonst die Entsorgung von Mehrwegverpackungen häufig problematisch ist (vgl. S. 45). Die Politik sollte daher die Umstellung von Händlern auf Mehrweg unterstützen und fördern und nicht durch gut gemeinte, aber überstürzte Mindestvorgaben in der EU-Verpackungsverordnung wieder zunichtemachen. Außerdem sollte die Politik auch dafür sorgen, dass die Verbraucherinnen und Verbraucher entsprechend aufgeklärt werden. Sie müssen bereit sein, ggf. mehr Versandkosten für Mehrweglösungen zu übernehmen und sich auch an einem entsprechenden Pfandsystem beteiligen. Trotz einer generellen Befürwortung des Mehrwegversand seitens der Verbraucherinnen und Verbraucher ist deren Bereitschaft sich an den Mehrkosten zu beteiligen nämlich bislang eher gering (vgl. S. 44).

Einen weiteren Hebel zur Reduktion des Verpackungsvolumens sieht die Studie in der Verwendung der Produktverpackung als Versandverpackung. Insbesondere größere Produkte werden, wenn möglich, z.T. schon heute in ihrer Produktverpackung versendet, aber auch für kleinere Produkte werden aktuell Lösungen zum Versand in der Produktverpackung entwickelt. Dafür müssen Produktverpackungen allerdings so gestaltet sein, dass sie dem Versand standhalten. Die Studie berechnet ein Einsparpotenzial von 18-24 % des Verpackungsaufkommens im Onlinehandel insgesamt durch "Ships-in-own-Container"- bzw. „Ships-in-Product-Packaging“-Lösungen (vgl. S. 45). Deshalb sollte diese Verpackungsoption unbedingt von der Politik gefördert und unterstützt werden. Da der Versand in der Produktverpackung auf die Reduktion von Verpackung abzielt und ein Versand in einer zusätzlichen Mehrwegverpackung keinen ökologischen Mehrwert bietet, muss in der EU-Verpackungsverordnung der Versand in der Produktverpackung dem Versand in der Mehrwegverpackung gleichgesetzt werden. Außerdem kann die Politik auch den Dialog zwischen Herstellern und Händlern befördern und durch weitere Untersuchungen sicherstellen, dass für Warengruppen, in denen eine Umsetzung einfach möglich ist, Produktverpackungen so gestaltet werden, dass sie auch für den Versand geeignet sind. Zur Verbesserung der Recyclingfähigkeit der Verpackungen sollte die Politik zudem Kooperationen zwischen Verpackungsherstellern und Abfallentsorgungsunternehmen unterstützen (vgl. S. 48).

Auch die Verbraucherinnen und Verbraucher sind entscheidend, denn die Wahl der Verpackungen hängt auch mit ihren Vorlieben und ihrer Bereitschaft zusammen, sich ggf. an höheren Kosten zu beteiligen. Dies kann von der Politik durch entsprechende Aufklärungskampagnen bereits in den Schulen zu den Themen Mehrweg, Kunststoffen, Mülltrennung, Versand in der Produktverpackung und Bündelungen von Bestellungen und Sendungen unterstützt werden (vgl. S. 51). Nur mit dem richtigen Vorwissen und einem entsprechenden Bewusstsein auch für die Auswirkungen des eigenen Verhaltens und Handelns können mögliche, zusätzliche Hinweise zu Materialzusammensetzung, Umweltauswirkungen und Entsorgungshinweise seitens

der Händler auch sinnvoll sein. Um die Entscheidung der Kundinnen und Kunden für nachhaltigere Verpackungsoptionen zu unterstützen, sollten Green-Nudging-Maßnahmen weiterhin erlaubt sein (vgl. S. 51) und nicht pauschal als sogenannte verbraucherbeeinflussende „Dark Patterns“ verboten werden (s. Nachhaltiger Konsum).

### **3. Digitale Infrastruktur**

Auch wenn die digitale Infrastruktur nur einen geringen Teil der Emissionen eines Onlineeinkaufs generiert (S. 55), so können durch die Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien sowohl auf Händler- als auch auf Kundenseite Emissionen reduziert werden. Hier sollte insbesondere auf Anreize und Bürokratieabbau gesetzt werden (s. Logistikzentren).

Darüber hinaus identifiziert die Studie eine nachhaltige Nutzung von Endgeräten mit gesteigerter Energieeffizienz und das Bestellverhalten des Kunden selbst, also die Anzahl der gestellten Suchanfragen oder gesendeten E-Mails etc. als mögliche Reduktionspunkte. Hinzu kommen die Verwendung energiesparender kabelgebundene Netzwerke anstelle mobiler Daten sowie die Bestellung über das Smartphone und die gemeinsame Nutzung von einem anstatt der sporadischen Nutzung vieler Geräte, die das Fraunhofer Institut als nachhaltigste Bestelloption identifiziert (vgl. S. 62f.). Hier würden großangelegte Aufklärungskampagnen helfen, den Menschen die Folgen ihres eigenen Verhaltens vor Augen zu führen bzw. ihnen aufzuzeigen, wo sie selbst den Hebel in der Hand haben, beim Onlineshopping einen Beitrag, wenn auch einen eher kleinen, zur Reduktion der THG-Emissionen zu leisten. Da die Nutzung mobiler Daten mehr Emissionen verursacht als kabelgebundene Varianten, sollte der flächendeckende Glasfaserausbau von der Politik auch im Sinne einer gesteigerten ökologischen Nachhaltigkeit vorangetrieben werden – ebenso wie der Ausbau des energieeffizienteren 5G-Netzwerks für die Nutzung mobiler Daten (vgl. S. 64).

Auch für Händler ist es sinnvoll, diese Punkte zu berücksichtigen und mit anderen gemeinsam Server und Clouds zu nutzen. Dies kann die Politik unterstützen. Zudem sollte die Politik Anreize für die Verwendung energieeffizienter und langlebiger IT-Lösungen in den Unternehmen schaffen.

### **4. Logistikzentren**

Logistikzentren sind am nachhaltigsten (vgl. S. 72), wenn sie die dort benötigte Energie selbst produzieren. Hierfür ist es entscheidend, dass die Politik bundesweit einheitliche Vorgaben zur Installation von Photovoltaikanlagen auf Dächern und an Fassaden schafft und die umfangreichen bürokratischen Hürden abbaut. Dies wird insbesondere dadurch immer wichtiger, dass der Energiebedarf mit zunehmendem Automatisierungsgrad steigt. Die Eigenenergienutzung (auch von Abwärme), kann aber, wenn möglich, die Emissionen beträchtlich mindern und sogar für einen CO<sub>2</sub>-neutralen oder sogar energiepositiven Standort sorgen. Zudem kann durch die Eigenstromnutzung in Logistikzentren gleichzeitig auch das regionale Stromnetz entlastet werden.

Auch die Prozesseffizienz in Logistikzentren hilft Emissionen einzusparen (vgl. S. 70f.). Hierbei können ebenfalls die oben genannten die Retourenreduktion unterstützenden Maßnahmen helfen, ebenso wie eine Verbraucherinformationskampagne, die den Verbraucherinnen und Verbrauchern verdeutlicht, dass sie selbst auch einen Beitrag für mehr Nachhaltigkeit leisten können, indem sie beispielsweise ihr eigenes Retouren- und Bestellverhalten überdenken, Beratungsangebote und Hinweise der Händlerinnen und Händler nutzen und ihre Bestellungen bündeln.

## 5. Neue Geschäftsmodelle

Auch wenn es noch weiterer Forschung in diesem Bereich bedarf, so stellt die Studie fest, dass neue Geschäftsmodelle kaum zusätzliche negative Auswirkungen auf die Umwelt haben bzw. diese an anderer Stelle wieder ausgleichen (vgl. S. 86). Deshalb sollten neue digitale Geschäftsmodelle zunächst einmal von der Politik gefördert, statt behindert werden. Gerade die On-Demand-Produktion wird vom Fraunhofer Institut als ein interessantes Geschäftsfeld identifiziert, das digital getrieben, die Überproduktion und damit Überhänge und Ressourcenverschwendung stoppen kann (vgl. S. 83f.). Generell führen aber die bereits oben für den „traditionellen“ Onlinehandel benannten politischen Ansatzpunkte auch hier zu einer Reduktion der Emissionen.

So werden Instant Delivery Angebote v.a. durch die Förderung der Elektrifizierung der letzten Meile (vgl. S. 77) nachhaltiger. Vorteilhaft ist insbesondere auch die Bestellung großer Warenkörbe, damit Wege der Kunden eingespart werden können, die Bündelung von Bestellungen und Optimierung von Routen - also die Belieferung von möglichst vielen Personen pro Fahrt. Dafür sind größere Transportfahrzeuge notwendig. Hierfür sollte die Politik bei der Stadtplanung entsprechende Ladezonen berücksichtigen und einrichten (s. Lieferverkehr). Dies kommt auch anderen Lieferverkehren zugute und stärkt den Verkehrsfluss (vgl. S. 85f.). Zudem können so Emissionen eingespart werden, da Lieferanten keine unnötigen Umwege mehr aufgrund der Parkplatzsuche zurücklegen müssen (vgl. S. 110).

Auch für ReCommerce-Geschäftsmodelle, also dem Verkauf gebrauchter Produkte, wären die bereits genannten politischen Maßnahmen im Bereich Verpackung und Verkehr von ökologischem Vorteil. Gerade im Bereich Verkehr und Logistik könnten dadurch die zusätzlich entstehenden Wege durch den Rücktransport der Ware zum Händler für die Aufbereitung ausgeglichen werden. Insbesondere Mehrwegverpackungen sind in diesem Geschäftsmodell interessant, da ein Kauf oftmals auch mit dem Verkauf eines gebrauchten Geräts verknüpft ist. So kann der Kunde die erhaltene Mehrwegverpackung auch gleich für die Zusendung seines gebrauchten Geräts an den Händler verwenden (vgl. S. 85). Da es sich hierbei oftmals auch um Elektroartikel handelt, ist die Verwendung von stabilen Kunststoffboxen, die einen besseren Geräteschutz bieten, aber nicht an die Produktgröße anpassbar sind, sinnvoll. Damit dies weiterhin möglich ist, sollten Mehrwegverpackungen von der 40%-Leerraum-Regelung der EU-Verpackungsverordnung ausgenommen werden (s. Verpackungen).

Generell gelten ReCommerce-Modelle als ökologisch vorteilhaft, da gebrauchte Produkte hierdurch im Warenkreislauf gehalten werden können. Deshalb sollte die Politik dieses Geschäftsmodell stärken. Dies kann über Maßnahmen in vielen verschiedenen Teilbereichen erfolgen: vom Recht auf Reparatur, Produkthaftungsfragen bis hin zu Fragen der erweiterten Herstellerverantwortung oder Green Claims (s. Nachhaltiger Konsum). Dabei ist darauf zu achten, dass in den relevanten Gesetzgebungsverfahren ReCommerce mitgedacht und darauf geachtet wird, dass dieses Geschäftsmodell weiterhin für Händlerinnen und Händler attraktiv bleibt und somit die Kreislaufwirtschaft gefördert wird.

Bei Retail-as-a-Service-Modellen (RaaS) werden Ladengeschäfte zur Präsentation der Ware und zur Beratung der Kunden genutzt, wobei der Kauf dann in der Regel online erfolgt. Voraussetzung für einen ökologisch geringen Impact von RaaS ist, dass die Ausstellungsräume an Orten mit ohnehin hohem Publikumsverkehr und Laufkundschaft liegen und gut mit öffentlichen Verkehrsmitteln, zu Fuß oder mit dem Fahrrad erreichbar sind. Hierfür ist es notwendig, dass die Politik den öffentlichen Nah- und Radverkehr weiter fördert und ausbaut und so dafür sorgt, dass die Menschen emissionsfrei in die Innenstädte kommen. So kann RaaS auch zur vielbeschworenen Belebung der Innenstadt beitragen.

## 6. Nachhaltiger Konsum

Die Studie kommt zu dem Schluss, dass E-Commerce insbesondere durch mehr Produkttransparenz und durch das größere Angebot gebrauchter Waren nachhaltigen Konsum befördern kann (vgl. S. 96). Allerdings braucht es dafür zum einen auch die richtigen politischen Voraussetzungen und zum anderen auch Verbraucherinnen und Verbraucher, die die Informationen zu nutzen wissen und davon Gebrauch machen.

Wenn man wie die Autoren davon ausgeht, dass Informationen den Verbrauchern helfen, ihre "Attitude Behaviour Gap" zu überwinden, so muss die Politik dafür Sorge tragen, dass Händlerinnen und Händler ihre nachhaltigen Produkte weiterhin als solche bewerben können und auch wollen. Denn wenn es zu kompliziert wird und Rechtsunsicherheit darüber herrscht, welche Aussagen in Bezug auf nachhaltige Produkteigenschaften getätigt werden dürfen und welche nicht, kann dies dazu führen, dass Händler künftig eher auf solche Aussagen verzichten. Gleichzeitig muss auch bedacht werden, welche Informationen Händlern überhaupt vorliegen und dass ihre Möglichkeiten, Umweltaussagen zu prüfen, sehr begrenzt sind. Dies alles muss die EU-Gesetzgebung zu Green Claims berücksichtigen, damit nachhaltige Produkte auch weiterhin für Verbraucher als solche beworben und gekennzeichnet werden können. Außerdem sollten EU-weit einheitliche Regelungen für Ecolabel und Angaben für umweltbezogene Eigenschaften gelten. Dies macht es einerseits für Verbraucherinnen und Verbraucher einfacher, andererseits ermöglicht es Unternehmen, ihre Waren im gesamten Binnenmarkt ohne weitere Registrierung bzw. Zertifizierungsprozess etc. anzubieten. Ansonsten ist der grenzüberschreitende Verkauf insbesondere für KMU mit zu hohen Kosten verbunden und lässt diese Option unattraktiv werden. Deshalb müssen Siegel sowie die Erfordernisse bzw. Methoden für die Angaben umweltbezogener Eigenschaften, soweit möglich, EU-weit einheitlich gestaltet sein. Wie auch die Studie feststellt, ist Harmonisierung hier essenziell (vgl. S. 88). Insofern wäre eine Verordnung zu Green Claims anstelle einer Richtlinie das einzig richtige Rechtsinstrument gewesen.

Die Politik sollte außerdem weiter untersuchen lassen, wie sich eine ökologische Gestaltung von Recyclinggebühren (Eco-Fees) auf Verbraucherinnen und Verbraucher auswirken (vgl. S. 88). Aber es ist zu erwarten, dass die Verteuerung von umweltschädlicheren Materialien oder zumindest eine Angleichung an die Preise nachhaltiger Produkte dazu führt, dass nachhaltigere Produkte auch wirtschaftlich attraktiver erscheinen.

Auch Personalisierungs- und Gamification-Ansätze können positive Effekte auf die Nachhaltigkeitsbilanz des Konsumverhaltens haben. Auch wenn es die Forschung in diesem Bereich zu den Wirkzusammenhängen seitens der Politik noch weiter gezielt zu fördern gilt, damit konkrete Empfehlungen für eine nachhaltige Gestaltung für den Onlinehandel ausgesprochen werden können (vgl. S. 98), so sollte bereits heute dafür gesorgt werden, dass gesetzliche Vorhaben in den Bereichen Verbraucher- und Datenschutz solche Ansätze nicht zunichtemachen, ohne ihr ökologisches Potenzial auszuschöpfen.

Dies gilt auch für Green-Nudging-Ansätze, denen die Studie gute Aussichten auf Erfolg attestiert. Dabei wird Verbraucherinnen und Verbrauchern ihre eigene Wirksamkeit vor Augen geführt, indem sie beispielsweise auf das Verhalten anderer sowie die positiven umweltbezogenen Eigenschaften von bestimmten Produkten, Verpackungen und Zustellarten oder den negativen Auswirkungen des eigenen Retourenverhaltens hingewiesen werden. Diese Ansätze lenken die Verbraucherentscheidung hin zu einer (ökologisch) erwünschten Option. Diese „Beeinflussung“ des Verbraucherverhaltens wird gerade im Rahmen der Debatte zur Überarbeitung des EU-Verbraucherrechts unter dem Stichwort „Digital Fairness“ häufig auch als „Dark Patterns“ gesehen.

Da sich Green-Nudging-Ansätze derselben Prinzipien bedienen wie die sogenannten „Dark Patterns“, sind sie rechtlich, trotz ihrer ökologisch positiven Intention, in dieselbe Kategorie einzuordnen.<sup>57</sup> Entsprechende, recht pauschal gehaltene Formulierungen in anderen bereits bestehenden Rechtsakten deuten stark darauf hin, dass ein generelles Verbot von „Dark Patterns“ einem Verbot von Green Nudging gleichkommt (z.B. Digital Services Act). Damit Green Nudging also weiter von Unternehmen verwendet werden und positive ökologische Effekte auf das Verbraucherverhalten haben kann, muss die Politik gewährleisten, dass Nudging explizit von etwaigen Verboten ausgenommen wird, sofern es Nachhaltigkeits-Zwecken dient.

Auch die bereits oben für die anderen Teilbereiche benannten Punkte, die die weitere Ökologisierung des Onlinehandels unterstützen, helfen, direkt oder indirekt, den Online-Konsum nachhaltiger zu gestalten. So auch die Unterstützung der obengenannten ReCommerce-Geschäftsmodelle, die essenziell dazu beitragen können, nachhaltigen Konsum zu stärken. Damit der ReCommerce-Markt weiterwachsen kann, braucht er die richtigen rechtlichen Rahmenbedingungen. Dazu gehört zum einen die EU-weite Harmonisierung nationaler Regeln, um einen Binnenmarkt für gebrauchte Produkte zu schaffen, die für die Wiederaufbereitung, Wiederverwendung oder Reparatur gedacht sind, ebenso wie für recycelte sowie sekundäre Rohstoffe. Nur so kann der grenzüberschreitende Handel in diesem Bereich gestärkt werden. Auch finanzielle oder (umsatz-)steuerliche Anreize könnten Secondhand-Produkte für Verbraucherinnen und Verbraucher attraktiver machen und so diesen Markt stärken. Dazu gehört aber auch, dass secondhand und wiederaufbereitete Produkte von Unternehmen als nachhaltig angeboten und beworben werden dürfen, auch wenn es vielleicht mittlerweile Produkte mit besserer Energieeffizienz etc. gibt, da die Wiederverwendung bereits im Umlauf befindlicher Produkte einen eindeutigen ökologischen Mehrwert bietet.

Diese Übersicht über die Ansatzpunkte für mehr ökologische Nachhaltigkeit im Onlinehandel zeigt zum einen, dass es noch viel zu tun gibt. Es zeigt sich aber auch, dass Maßnahmen und Verbesserungen klar identifizierbar sind und in einem Bereich richtig eingesetzt, oft auch zu Verbesserungseffekten in einem anderen Teilbereich führen und dass trotz aller Komplexität und trotz bzw. auch aufgrund des Ineinandergreifens der einzelnen Teilaspekte untereinander, oft auch schon das Drehen an kleineren Stellschrauben zu Erfolgen führen kann. Zum anderen wird deutlich, dass weder Händler noch Paketdienstleister noch Anbieter von Infrastrukturlösungen noch Verbraucherinnen und Verbraucher noch die Politik die Aufgabe eines nachhaltigeren Wirtschaftens und eines nachhaltigeren Konsums allein stemmen können. Stattdessen ist die Zusammenarbeit aller relevanten Akteure notwendig, um ein noch nachhaltigeres Ökosystem für den Onlinehandel zu schaffen und so den Onlineeinkauf noch ökologischer zu gestalten. In diesem Sinne - lassen Sie es uns alle gemeinsam anpacken!

Alien Mulyk

Leiterin Public Affairs Europa & International, Bundesverband E-Commerce und Versandhandel Deutschland e.V. (bevh)

Berlin im Oktober 2023

---

<sup>57</sup> Vgl. Kühling/Sauerborn (2022): Rechtliche Rahmenbedingungen sogenannte ‚Dark Patterns‘, [https://bevh.org/fileadmin/content/04\\_politik/Europa/Kuehling-Gutachten-BEVH-Dark-pattern-22-02-16-final.pdf](https://bevh.org/fileadmin/content/04_politik/Europa/Kuehling-Gutachten-BEVH-Dark-pattern-22-02-16-final.pdf), S. 16f.

Wir bedanken uns bei unseren Mitgliedsunternehmen



**THE BRITISH SHOP**

Die feine englische Art



**ROCKnSHOP**

**SKATEDELUXE**  
WWW.SKATEDELUXE.COM

für die Unterstützung der vorliegenden Studie.

**Bundesverband E-Commerce und Versandhandel Deutschland e.V. (bevh)**

Verantwortliche Hauptgeschäftsführer: Christoph Wenk-Fischer und Martin Groß-Albenhausen

Friedrichstraße 60 (ATRIUM)

10117 Berlin

[www.bevh.org](http://www.bevh.org)