

TEXTE

227/2020

Teilbericht I

Die Ökologisierung des Onlinehandels

Neue Herausforderungen für die umweltpolitische Förderung eines nachhaltigen Konsums

von:

Till Zimmermann, Robin Memelink, Lisa Rödiger
Ökopol GmbH, Hamburg

Alexander Reitz
GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH, Mainz

Nane Pelke, Rene John
ISiconsult, Berlin

Ulrike Eberle
Corsus, Hamburg

Herausgeber:
Umweltbundesamt

TEXTE 227/2020

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3719 11 302 0

FB000477/ZW,1

Teilbericht I

Die Ökologisierung des Onlinehandels

Neue Herausforderungen für die umweltpolitische
Förderung eines nachhaltigen Konsums

von

Till Zimmermann, Robin Memelink, Lisa Rödiger
Ökopol GmbH, Hamburg

Alexander Reitz
GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH,
Mainz

Nane Pelke, Rene John
ISiconsult, Berlin

Ulrike Eberle
Corsus, Hamburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

[f/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

[t/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

Ökopol Institut für Ökologie und Politik GmbH
Nernstweg 32-34
22765 Hamburg

Abschlussdatum:

November 2020

Redaktion:

Fachgebiet III 1.1 Übergreifende Aspekte des Produktbezogenen Umweltschutzes,
Nachhaltige Konsumstrukturen, Innovationsprogramm
Lisa Frien-Kossolobow, Jan Gimkiewicz

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Dezember 2020

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Die Ökologisierung des Onlinehandels

Dieser Teilbericht des Vorhabens „Ökologisierung des Onlinehandels“ umfasst eine übergeordnete Betrachtung der ökologischen Effekte des Onlinehandels auf Basis einer Literaturlauswertung sowie erster ergänzender eigener Berechnungen. Auf dieser Basis werden die Hotspots der ökologischen Wirkungen des Onlinehandels bestimmt und erste Handlungsansätze identifiziert.

Die Auswertungen zeigen, dass in den meisten Fällen die größten Umweltwirkungen aus den Transportprozessen – hier insbesondere den Transporten auf der letzten Meile – sowie – mit großen Schwankungen zwischen den spezifischen Fällen – den Versandverpackungen resultieren. Im Einzelfall können auch andere Prozesse einen relativ großen Beitrag zu den Umweltwirkungen leisten.

Noch nicht Gegenstand dieses Berichts sind vertiefende Betrachtungen zu den verschiedenen Elementen des Konsumzyklus Onlinehandel Logistik, Retourenumgang, Versandverpackung und Kundinnen- und Kundenperspektive. Auf Basis dieser vertiefenden Betrachtungen erfolgt im weiteren Projektverlauf die Entwicklung von Szenarien für mögliche zukünftige Ausgestaltungen des Onlinehandels, die Erarbeitung einer Roadmap für die nachhaltige Entwicklung des Onlinehandels sowie die Ableitung von Handlungsempfehlungen und die Entwicklung von Beratungsangeboten für das Kompetenzzentrum nachhaltiger Konsum.

Abstract: Greening E-Commerce

This sub-report for the project “Greening E-Commerce” includes a general consideration of the ecological effects of online retail on the basis of a literature review and initial calculations. On this basis, the hotspots of the ecological effects of online retail are determined and initial approaches for action are identified.

The evaluations show that in most cases the greatest environmental impacts result from the transport processes - here in particular from transport over the last mile - and - with large fluctuations between specific cases - from shipping packaging. In individual cases other processes can also make a relatively large contribution to the environmental impacts.

This report does not yet deal with the various elements of the online retail consumption cycle, i.e. logistics, returns handling, shipping packaging and the customer perspective. On the basis of these in-depth considerations, scenarios for possible future forms of online retail will be developed in the further course of the project, a roadmap for the sustainable development of online retail will be drawn up, recommendations for action will be derived and advisory services for the Competence Centre for Sustainable Consumption will be developed.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	7
Abkürzungsverzeichnis.....	8
Zusammenfassung.....	9
Summary.....	12
1 Einführung und Hintergrund.....	15
1.1 Zielsetzung des Vorhabens.....	18
1.2 Vorgehen im Überblick und Berichtsinhalte.....	18
1.3 Abgrenzung des Untersuchungsgegenstands.....	20
2 Ökologische Effekte des Onlinehandels – übergeordnete Betrachtung.....	22
2.1 Der Lebensweg von Produkten und die Rolle des Handels.....	22
2.2 Umweltwirkungen des (Online-)Handels.....	24
2.2.1 Vergleichende Betrachtung von Onlinehandel und stationärem Handel.....	26
2.2.2 Ökologische Hotspots und Stellschrauben im Onlinehandel.....	31
2.2.2.1 Umweltwirkungen der Transportprozesse: Vorlauf, Hauptlauf, letzte Meile.....	31
2.2.2.2 Zunahme von Lieferverkehr.....	33
2.2.2.3 Umweltwirkungen in Lagern und Distributionszentren.....	34
2.2.2.4 Umweltwirkungen der IT-Infrastruktur.....	34
2.2.2.5 Umweltwirkungen der Versandverpackung.....	36
2.2.2.6 Zusammensetzung der Umweltwirkungen im Onlinehandel.....	36
2.3 Weitere Effekte des Onlinehandels.....	37
2.3.1 Indirekte Effekte des Onlinehandels.....	37
2.3.2 Rebound-Effekte.....	38
2.4 Zusammenfassung und Einordnung in den Studienkontext.....	39
3 Quellenverzeichnis.....	41

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Entwicklung der Sendungszahlen der KEP-Dienste in Deutschland.....	9
Abbildung 2:	Umsatzentwicklung in Einzelhandel und E-Commerce	16
Abbildung 3:	Zusammensetzung des online erzielten Umsatzes	16
Abbildung 4:	Entwicklung der Sendungszahlen der KEP-Dienste in Deutschland.....	17
Abbildung 5:	Zusammenspiel von AP1-3	20
Abbildung 6:	Onlinehandel als Form des Einzelhandels	21
Abbildung 7:	Visualisierung der Anteile einzelner Phasen des Lebenszyklus an CO _{2e} -Emissionen	24
Abbildung 8:	Logistische Prozesse und Stationen im Onlinehandel	25
Abbildung 9:	Logistische Prozesse und Stationen im stationären Handel.....	26
Abbildung 10:	Emissionsfaktoren verschiedener Transportmittel	32
Abbildung 11:	Zusammensetzung der Umweltwirkungen im Onlinehandel...36	

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Aufteilung der CO _{2e} -Emissionen entlang des Produktlebenswegs bei ausgewählten beispielhaften Produkten	23
Tabelle 2:	CO ₂ -Emissionen auf der „letzten Meile“ bzw. bei der Einkaufsfahrt.....	28
Tabelle 3:	Vergleich der Emission von CO ₂ -Äquivalenten beim Kauf in Onlinehandel und stationärem Handel	30
Tabelle 4:	Jahresemissionsvergleich der beiden Szenarien für den untersuchten Zustellbereich in der Hamburger Innenstadt.....	34
Tabelle 5:	Zusammensetzung der Umweltwirkungen des Onlinehandels nach van Loon et al. (2015)	37

Abkürzungsverzeichnis

B2B	Business to Business
B2C	Business to Consumer
C2C	Consumer to Consumer
CO_{2eq}	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
Destatis	Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
GVM	GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH, Mainz
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
KEP	Kurier, Express, Paket
LDPE	Low Density Polyethylene
LKW	Lastkraftwagen
PET	Polyethylenterephthalat
PKW	Personenkraftwagen
PP	Polypropylen
PPK	Papier, Pappe, Kartonagen
UBA	Umweltbundesamt, Dessau

Zusammenfassung

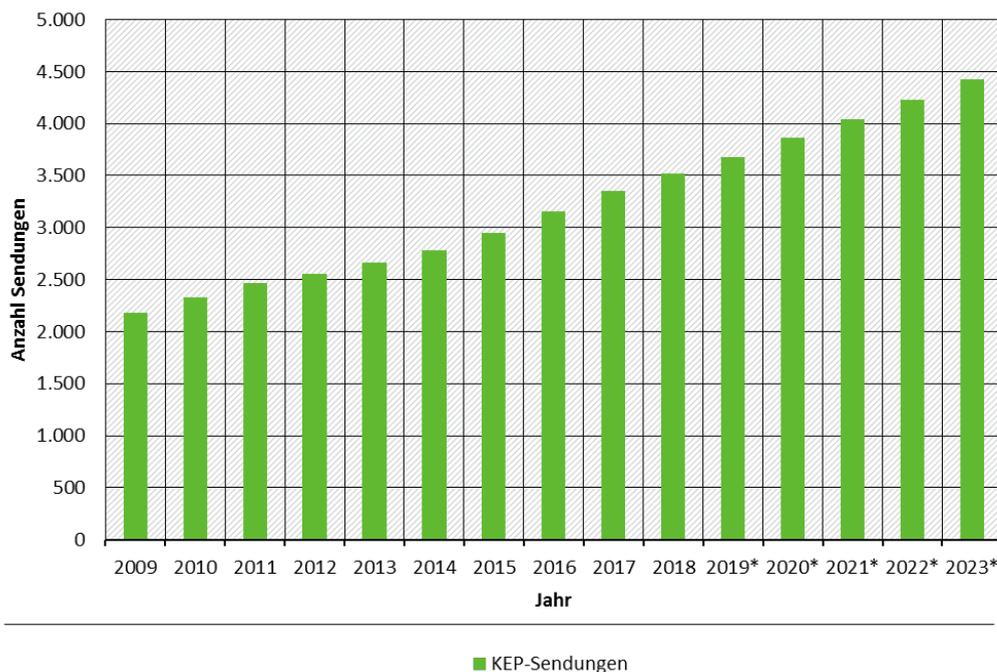
Der Onlinehandel weist seit Jahren ein kontinuierliches Wachstum auf. Im Jahr 2018 betrug der Umsatz des Onlinehandels in Deutschland 68,1 Mrd. Euro. Ein weiteres deutliches Wachstum lässt sich aktuell in Folge der Corona-Pandemie beobachten. Der Bundesverband E-Commerce und Versandhandel Deutschland (BEVH) beziffert das zusätzliche Umsatzwachstum durch die Corona-Pandemie im Onlinehandel auf 8,3 % im ersten Halbjahr 2020, wobei sich dieses Wachstum nicht durch die gesamte Branche zieht, sondern Teile des Onlinehandels auch deutliche Umsatzrückgänge aufweisen.

Einhergehend mit dem Wachstum des Onlinehandels ist ein deutliches Wachstum der Sendungszahlen der Kurier-, Express- und Paketdienste; von 2014 nach 2018 sind die Sendungszahlen hier um 740 Millionen Sendungen gestiegen, was einem Wachstum um 27 % entspricht. Die Entwicklung der Sendungszahlen ab 2009 ist in Abbildung 1 dargestellt.

Abbildung 1: Entwicklung der Sendungszahlen der KEP-Dienste in Deutschland

Entwicklung der Sendungszahlen der KEP-Dienste

Angaben in Millionen



*Prognose

Quelle: BIEK/ GVM

Das kontinuierliche Wachstum des Onlinehandels geht mit potentiellen Folgen wie einem Wachstum des Transportaufkommens durch die wachsenden Sendungszahlen, einer zunehmenden Beanspruchung der Verkehrsinfrastruktur, mit Beiträgen zum Klimawandel, wachsenden Abfallmengen und lokalen Umweltproblemen wie Feinstaubbelastung und Lärm einher.

Beeinflusst werden diese Effekte durch die Art der Ausgestaltung der Logistikprozesse (d. h. von Lagerung und Kommissionierung, Versand an die Kundin oder den Kunden und Retourenversand inkl. -bearbeitung), durch den Umgang mit der retournierten Ware beim Onlinehändler, durch die Art und Größe der verwendeten Versandverpackung und die IT-seitige Umsetzung des Onlinebestellvorgangs.

An dieser Gemengelage setzt dieses Vorhaben an: Im Vorhaben werden Chancen, Risiken und Handlungsansätze für eine nachhaltige Entwicklung des Onlinehandels identifiziert und untersucht, welche Chancen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung des Onlinehandels bestehen und welche Risiken (Primär Umweltbelastungen, es werden aber auch soziale Aspekte diskutiert) entstehen können. Es sollen umweltpolitische Ansätze und Handlungsempfehlungen erarbeitet werden, was neben Ge- und Verboten auch Verbraucherkommunikation und die Sensibilisierung von Unternehmen beinhalten kann.

Gegenstand dieses ersten Teilberichts ist die übergeordnete Betrachtung der ökologischen Effekte des Onlinehandels auf Basis einer Literaturlauswertung sowie erster ergänzender eigener Berechnungen.

Rolle des Handels im Produktlebensweg

Umweltwirkungen entstehen entlang des Lebensweges von Produkten, in der Produktherstellung, der Distribution, der Nutzung und der Entsorgung von Produkten bzw. in den jeweils vor- und nachgelagerten Prozessen. Die Relevanz der einzelnen Phasen des Lebenszyklus unterscheidet sich je nach Produkt und Ausgestaltung der Prozessketten von Herstellung, Distribution, Nutzung usw. Auf Grundlage einer breiten Auswertung von Produktökobilanzen lässt sich eine – je nach konkretem Produkt – im Vergleich zu Herstellung und Nutzung geringere ökologische Relevanz des Handels in Bezug auf den Produktlebensweg feststellen.

Vergleichende Betrachtung von Onlinehandel und stationärem Handel

Bezüglich der ökologischen Vor- und Nachteilhaftigkeit des Onlinehandels im Vergleich zum stationären Handel sowie zur Abschätzung der ökologischen Relevanz der verschiedenen Elemente des Konsumzyklus ist eine systematische Auswertung verfügbarer Literatur erfolgt. Hierbei wurden wissenschaftliche Artikel sowie graue Literatur berücksichtigt. Die ausgewerteten Studien kommen zum Schluss, dass in vielen Fällen von einer ökologischen Vorteilhaftigkeit (meist in Bezug auf entstehende Treibhausgasemissionen) des Einkaufs im Onlinehandel gegenüber einem Einkauf im stationären Handel ausgegangen werden kann. Dabei ist zu beachten, dass stets fallspezifische Aspekte zu berücksichtigen sind und die Umweltwirkung des stationären Handels und des Onlinehandels von verschiedenen Faktoren abhängen, die sich von Fall zu Fall unterscheiden. Auch lassen sich durchaus Fälle feststellen, in denen der Kauf im stationären Handel ökologisch vorteilhaft ist. Besondere Bedeutung für den Vergleich beider Systeme haben beim Onlinehandel die letzte Meile, beim stationären Handel die Emissionen von Markt/Geschäft (Strom und Heizung) sowie die Einkaufsfahrt der Kundinnen und Kunden.

Ökologische Stellschrauben und Hotspots im Onlinehandel

Die Umweltwirkungen des Onlinehandels ergeben sich aus

- ▶ den Umweltwirkungen der Transportprozesse bis zum Zielpaketzentrum,
- ▶ den Umweltwirkungen in Lagern und Distributionszentren,
- ▶ den Umweltwirkungen auf der letzten Meile,
- ▶ den Umweltwirkungen der IT-Infrastruktur (bzw. des Onlinebestellvorgangs) und
- ▶ den Umweltwirkungen der zusätzlichen Versandverpackung.

Im Falle einer Retoure kommen weitere Transportaufwendungen hinzu sowie gegebenenfalls eine Vernichtung der retournierten Waren.

Die größten Beiträge kommen in den meisten Fällen aus den Transportprozessen – hier insbesondere den Transporten auf der letzten Meile – sowie – mit großen Schwankungen zwischen den spezifischen Fällen – den Versandverpackungen.

Im Einzelfall können auch andere Prozesse einen relativ großen Beitrag zu den Umweltwirkungen leisten. Wird beispielsweise auf eine zusätzliche Versandverpackung verzichtet und die Zustellung auf der letzten Meile erfolgt mit Elektrofahrzeugen zu einer Packstation, reduziert sich der Anteil an diesen Stellen, während die anderen Elemente relativ an Bedeutung gewinnen.

Ausstehende Arbeiten und Inhalte im weiteren Projektverlauf

Noch nicht Gegenstand dieses Berichts sind vertiefende Betrachtungen zu den verschiedenen Elementen des Konsumzyklus Onlinehandel Logistik, Retourenumgang, Versandverpackung und Kundinnen und Kundenperspektive. Auf Basis dieser vertiefenden Betrachtungen erfolgt im weiteren Projektverlauf die Entwicklung von Szenarien für mögliche zukünftige Ausgestaltungen des Onlinehandels, die Erarbeitung einer Roadmap für die nachhaltige Entwicklung des Onlinehandels sowie die Ableitung von Handlungsempfehlungen und die Entwicklung von Beratungsangeboten für das Kompetenzzentrum nachhaltiger Konsum.

Summary

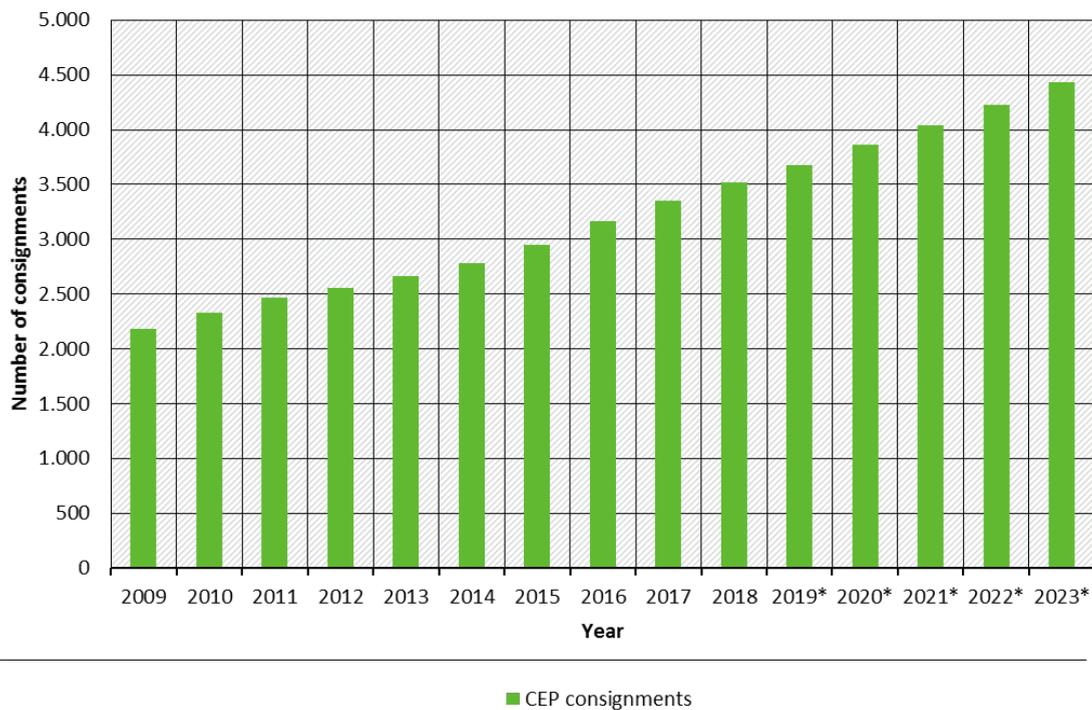
The online retail sector has been growing continuously for years. In 2018 the turnover in online retail in Germany was 68.1 billion euros. Further significant growth can currently be observed as a result of the Corona pandemic. The German E-Commerce and Mail Order Association (BEVH) puts the additional sales growth in online retail as a result of the corona pandemic at 8.3 % in the first half of 2020, although this growth is not spread across the entire sector, with parts of online retail also showing significant declines in sales.

In line with the growth in online retail, there has been a significant increase in the number of items sent by courier, express and parcel services; from 2014 to 2018, the number of items sent here increased by 740 million, which corresponds to a growth rate of 27 %. The development of shipping volumes from 2009 onwards is shown in Figure 1.

Figure 1: Development in the number of consignments of CEP services in Germany

Development in the number of consignments of CEP services

in Mio.



Source: BIEK/ GVM

The continuous growth of online retail is accompanied by potential consequences such as an increase in transport volumes due to the growing number of consignments, an increasing strain on the transport infrastructure, contributions to climate change, growing amounts of waste and local environmental problems such as fine dust pollution and noise.

These effects are influenced by the way in which the logistics processes are designed (i.e. storage and order picking, dispatch to the customer and returns dispatch including returns processing), by the way in which the returned goods are handled by the online retailer, by the type and size of the shipping packaging used and by the IT implementation of the online ordering process.

This is the starting point for this project: The project identifies opportunities, risks and approaches for a sustainable development of online retail and examines which opportunities exist in terms of a sustainable development of online retail and which risks (primarily environmental pollution, but also social aspects are discussed) can arise. Environmental policy approaches and recommendations for action are to be developed, which may include not only commandments and prohibitions but also consumer communication and the sensitization of companies.

The subject of this first part of the report is the overall consideration of the ecological effects of online retail on the basis of an evaluation of the literature as well as own initial supplementary calculations.

The role of retail in the product life cycle

Environmental impacts occur along the life cycle of products, in product manufacture, distribution, use and disposal of products, and in upstream and downstream processes. The relevance of the individual phases of the life cycle varies depending on the product and the design of the process chains of manufacture, distribution, use, etc. On the basis of a broad evaluation of product life cycle assessments, it is possible to identify - depending on the specific product - a lower ecological relevance of trade with regard to the product life cycle compared to production and use.

Comparative analysis of online retail and stationary trade

With regard to the ecological advantages and disadvantages of online retail in comparison to stationary retail, as well as to the assessment of the ecological relevance of the various elements of the consumption cycle, a systematic evaluation of available literature has been carried out. Scientific articles and grey literature were considered. The evaluated studies come to the conclusion that in many cases it can be assumed that shopping in online retail is ecologically advantageous (mostly in terms of greenhouse gas emissions) compared to shopping in stationary retail. It should be noted that case-specific aspects must always be taken into account and the environmental impact of stationary and online retail depends on various factors that vary from case to case. It is also possible to identify cases in which buying in stationary trade is ecologically advantageous. When comparing the two systems, the last mile is of particular importance in online retail, while in stationary retail the emissions from the market/shop (electricity and heating) and the shopping trip made by customers are of particular significance.

Ecological levers and hotspots in online retail

The environmental impacts of online retail result from

- ▶ the environmental impact of the transport processes up to the destination package centre,
- ▶ the environmental impact in warehouses and distribution centres,
- ▶ the environmental impact on the last mile,
- ▶ the environmental impacts of the IT infrastructure (or the online ordering process) and
- ▶ the environmental impact of the additional shipping packaging.

In the event of a return, further transport costs will be added and, in some cases, the returned goods will be destroyed.

In most cases, the largest contributions are made by the transport processes - here in particular last mile transport - as well as - with great variations between specific cases - the shipping packaging.

In individual cases, other processes can also make a relatively large contribution to environmental impacts. If, for example, additional shipping packaging is dispensed with and the last mile is delivered to a packing station by electric vehicles, the proportion at these points is reduced, while the other elements become relatively more important.

Upcoming work and contents in the further course of the project

This report does not yet deal with the various elements of the consumption cycle of online retail: logistics, returns handling, shipping packaging and customer perspective. On the basis of these in-depth considerations, the project will develop scenarios for possible future forms of online retail, a roadmap for the sustainable development of online retail, as well as recommendations for action and the development of advisory services for the Competence Centre for Sustainable Consumption.

1 Einführung und Hintergrund

Onlinehandel bzw. E-Commerce - verstanden werden hierunter der Kauf und Verkauf von Produkten über das Internet¹ (HDE 2020), wobei beide Begriffe in diesem Vorhaben synonym verstanden werden – weisen in Deutschland und Europa seit Jahren ein kontinuierliches Wachstum auf:

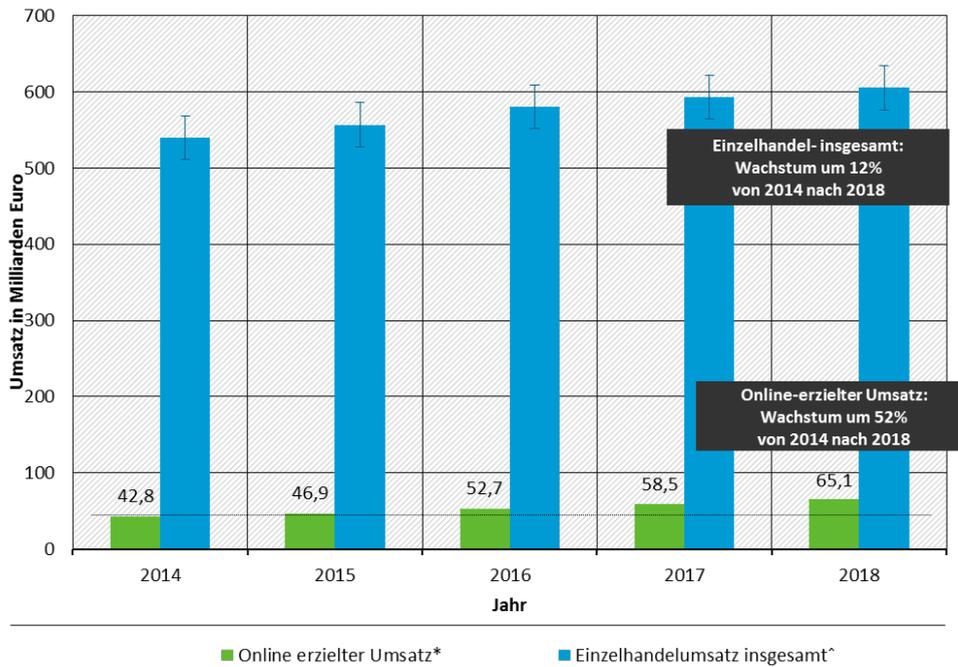
- ▶ Der Umsatz des Onlinehandels betrug im Jahr 2018 68,1 Mrd. Euro, bei stetigem aber leicht rückläufigem Wachstum (BEVH 2019a, vgl. Abbildung 2). Das Wachstum von 2017 nach 2018 betrug 9,4 % (BEVH 2019b).
- ▶ Ein weiteres deutliches Wachstum lässt sich aktuell in Folge der Corona-Pandemie beobachten (EY und WI 2020; McKinsey 2020). Der Bundesverband E-Commerce und Versandhandel Deutschland (BEVH) beziffert das zusätzliche Umsatzwachstum durch die Corona-Pandemie im Onlinehandel auf 8,3 % im ersten Halbjahr 2020, wobei sich dieses Wachstum nicht durch die gesamte Branche zieht, sondern Teile des Onlinehandels auch deutliche Umsatzrückgänge aufweisen (BEVH 2020).
- ▶ Auch der Anteil des online erzielten Umsatzes am gesamten Umsatz des Einzelhandels zeigt ein stetiges Wachstum und belief sich insgesamt in 2018 auf 10,8 % (zum Vergleich: 2014 betrug der Anteil noch 7,8 %); für den Non-Food Bereich auf rund 15 % und für einzelne Warengruppen (Elektronikprodukte, Bekleidung, Bücher) auf jeweils über 25 % (HDE 2019).
- ▶ Das hieraus resultierende Wachstum der Sendungszahlen der Kurier-, Express- und Paket (KEP-)Dienste ist in Abbildung 4 veranschaulicht; von 2014 nach 2018 sind die Sendungszahlen hier um 740 Millionen Sendungen gestiegen, was einem Wachstum um 27 % entspricht.
- ▶ Besonders häufig werden Elektro- und Elektronikprodukte (31 %), Bekleidung (27,7 %) und Bücher (27,7 %) online erworben (HDE 2019). Auch am online erzielten Umsatz haben Bekleidung (19 %) und Elektronikartikel (18 %) den größten Anteil (vgl. Abbildung 3).

¹ Eine Abgrenzung des konkreten Untersuchungsgegenstands dieser Studie findet sich in Abschnitt 1.3.

Abbildung 2: Umsatzentwicklung in Einzelhandel und E-Commerce

Umsatz im E-Commerce

Entwicklung der letzten fünf Jahre



* beinhaltet e-books, inkl. Umsatzsteuer

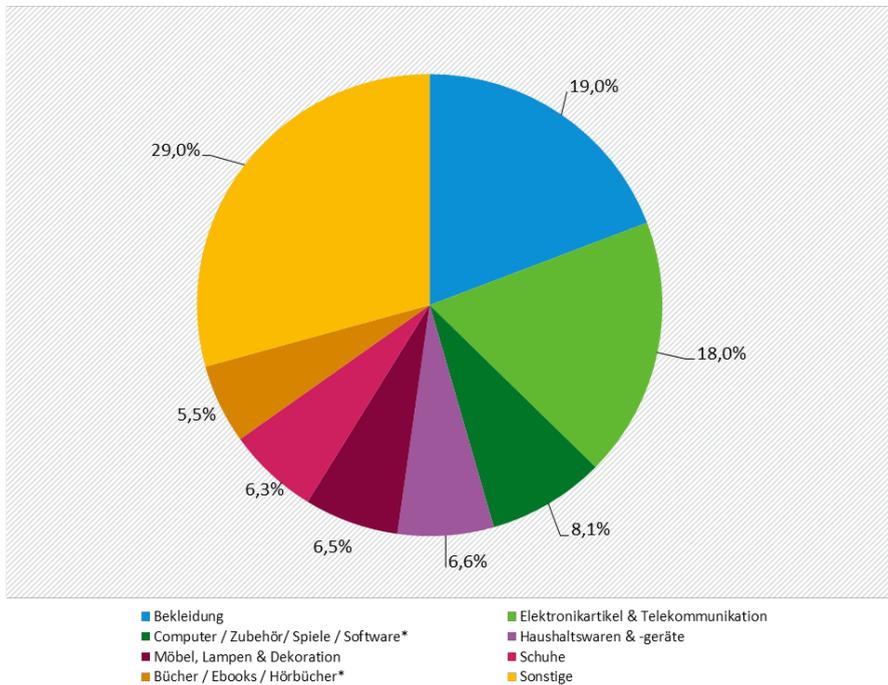
^ beinhaltet Downloads von Computerspielen, Musik und Büchern (e-books); errechnet auf Basis von Netto-Zahlen, die Fehlerbalken geben die mögliche Spannweite je nach mittlerem Umsatzsteuersatz an

Quelle: BEVH 2019a; HDE 2019

Abbildung 3: Zusammensetzung des online erzielten Umsatzes

Zusammensetzung des online-erzielten Umsatzes

in 2018



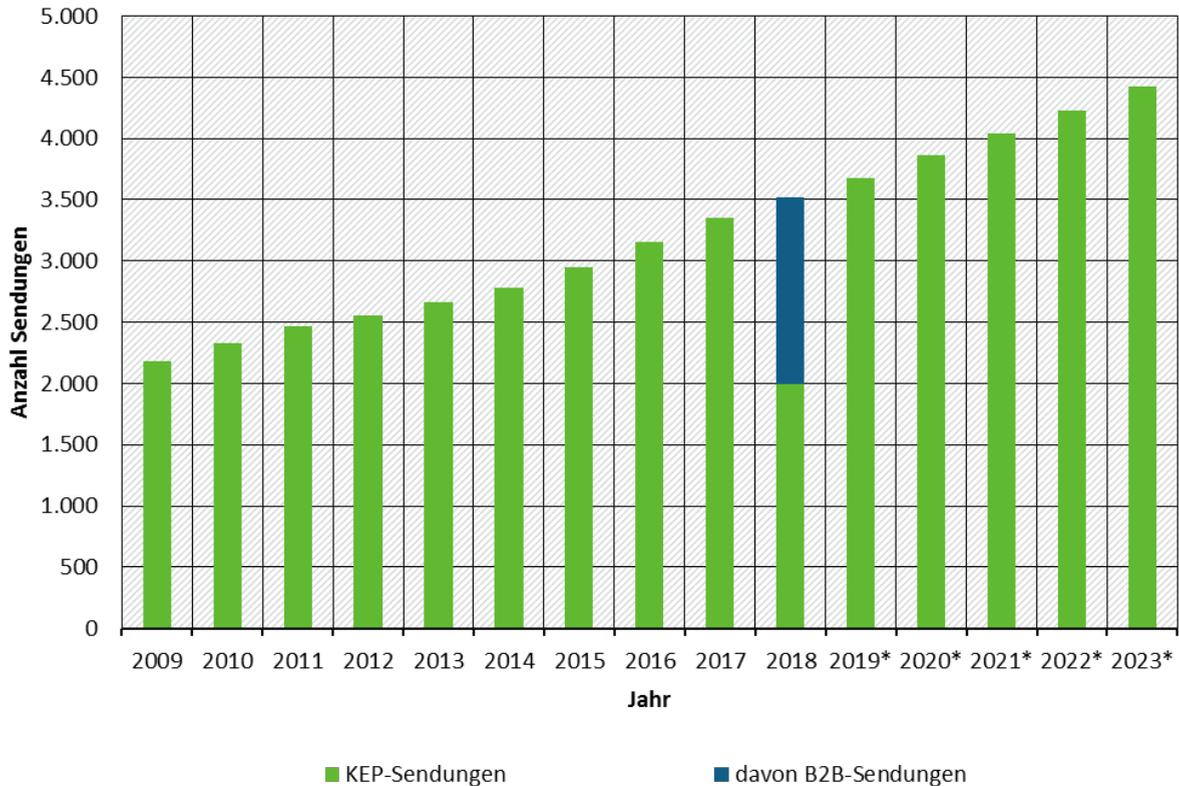
*inkl. Downloads

Quelle: BEVH 2019a

Abbildung 4: Entwicklung der Sendungszahlen der KEP-Dienste in Deutschland

Entwicklung der Sendungszahlen der KEP-Dienste

Angaben in Millionen



*Prognose

Quelle: BIEK/GVM

Für das Jahr 2018 ist exemplarisch neben der Gesamtzahl der durch Kurier-, Express- und Paketdienste zugestellten Sendungen auch der Anteil von B2B-Sendungen blau markiert. Auf den B2C-Bereich entfielen 2018 entsprechend rund 2 Mrd. Sendungen. Die dahinter stehenden Berechnungen sind Teil der Detailanalyse im Vorhaben, welche nicht Bestandteil dieses Teilberichts ist.

Quellen für Zahlen zum Umsatz im Onlinehandel

Zahlen zum Umsatz im Onlinehandel werden periodisch vom Bundesverband E-Commerce und Versandhandel (BEVH) sowie vom Handelsverband Deutschland (HDE) veröffentlicht. Die Ermittlung erfolgt jeweils auf Basis unterschiedlicher Methodik mit unterschiedlicher Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes Onlinehandel bzw. E-Commerce. Die BEVH-Zahlen, welche auf Basis wöchentlicher Befragungen von 40.000 Konsumentinnen und Konsumenten ermittelt werden, sind Brutto-Angaben und beziehen sich auf physische Waren mit der Ausnahme von E-books, welche in Abbildung 3 ebenfalls eingeschlossen sind. Die Zahlen des HDE sind Nettozahlen und beruhen auf Hochrechnungen von Destatis-Zahlen und Meldungen von Mitgliedsunternehmen.

Die BEVH-Zahlen lagen in den vergangenen fünf Jahren zwischen 15 und 18 % über den HDE Zahlen; dieser Unterschied lässt sich alleine durch die (Nicht-)Berücksichtigung der Umsatzsteuer (Brutto- vs. Netto-Zahlen) weitgehend erklären.

Dieses kontinuierliche Wachstum ist im Kontext von Globalisierung und Digitalisierung zu sehen, welche die Entwicklung von stationärem- und Onlinehandel insbesondere in den letzten

2-3 Jahrzehnten maßgeblich beeinflusst haben. Die Globalisierung, die weltweite Verflechtung des Wirtschaftens, hat im Handel zu einer deutlichen Verschärfung der Wettbewerbssituation geführt. Die Unternehmen sahen sich einem deutlich zunehmendem Innovations- und Kostendruck ausgesetzt. Für die Kundinnen und Kunden auf der anderen Seite bedeutete die Globalisierung eine deutliche Vergrößerung des Warenangebots bei sinkenden Preisen. Der gleichzeitig stattfindende Prozess der Digitalisierung umfasst den zunehmenden Einsatz digitaler Technologien in verschiedensten Lebensbereichen. Insbesondere das Internet ist hier zu benennen, welches die Möglichkeiten zur Informationsbeschaffung revolutioniert hat. Nur kurze Zeit nach der „Geburt“ des WWW (1991) gründeten sich die ersten Onlinehändler (Amazon verkaufte 1995 das erste Buch online). Für die Kundin oder den Kunden bedeutet dies, dass sich nahezu alles von überall her beschaffen lässt. Durch das 24/7 Angebot und die permanente Artikelverfügbarkeit sind Konsumentinnen und Konsumenten ständig Konsumanreizen ausgesetzt.

Das kontinuierliche Wachstum des Onlinehandels geht mit potentiellen Folgen wie einem Wachstum des Transportaufkommens durch die wachsenden Sendungszahlen einher. Weitere Aspekte sind die Beanspruchung der Verkehrsinfrastruktur, Beiträge zum Klimawandel und lokale Umweltprobleme wie Feinstaubbelastung und Lärm.

Beeinflusst werden diese Effekte durch die Art der Ausgestaltung der Logistikprozesse (d. h. von Lagerung und Kommissionierung, Versand an die Kundin oder den Kunden und Retourenversand inkl. -bearbeitung), durch den Umgang mit der retournierten Ware beim Onlinehändler, durch die Art und Größe der verwendeten Versandverpackung und die IT-seitige Umsetzung des Onlinebestellvorgangs.

An dieser Gemengelage setzt das geplante Vorhaben an: Die sozialen Treiber und ökologischen Implikationen des Onlinehandels sollen analysiert und mögliche Einfluss- bzw. Handlungsmöglichkeiten für die Umweltpolitik identifiziert werden.

1.1 Zielsetzung des Vorhabens

Vor dem zuvor beschriebenen Hintergrund zielt das Vorhaben darauf ab, Chancen, Risiken und Handlungsansätze für eine nachhaltige Entwicklung des Onlinehandels zu identifizieren, also zu untersuchen, welche Chancen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung des Onlinehandels bestehen und welche Risiken (Primär Umweltbelastungen, es werden aber auch soziale Aspekte diskutiert) entstehen können. Es sollen umweltpolitische Ansätze und Handlungsempfehlungen erarbeitet werden, was neben Ge- und Verboten auch Verbraucherkommunikation und die Sensibilisierung von Unternehmen beinhalten kann.

Konkret lassen sich folgende vier Teilziele des Vorhabens benennen:

1. Eine pragmatische ökologische Bewertung des Konsums im Onlinehandel vorzunehmen,
2. Szenarien für die zukünftige Ausgestaltung des Onlinehandels zu bilden,
3. eine Roadmap für die nachhaltige Entwicklung des Onlinehandels zu erarbeiten und
4. Handlungsempfehlungen abzuleiten und Beratungsangebote für das Kompetenzzentrum nachhaltiger Konsum zu entwickeln.

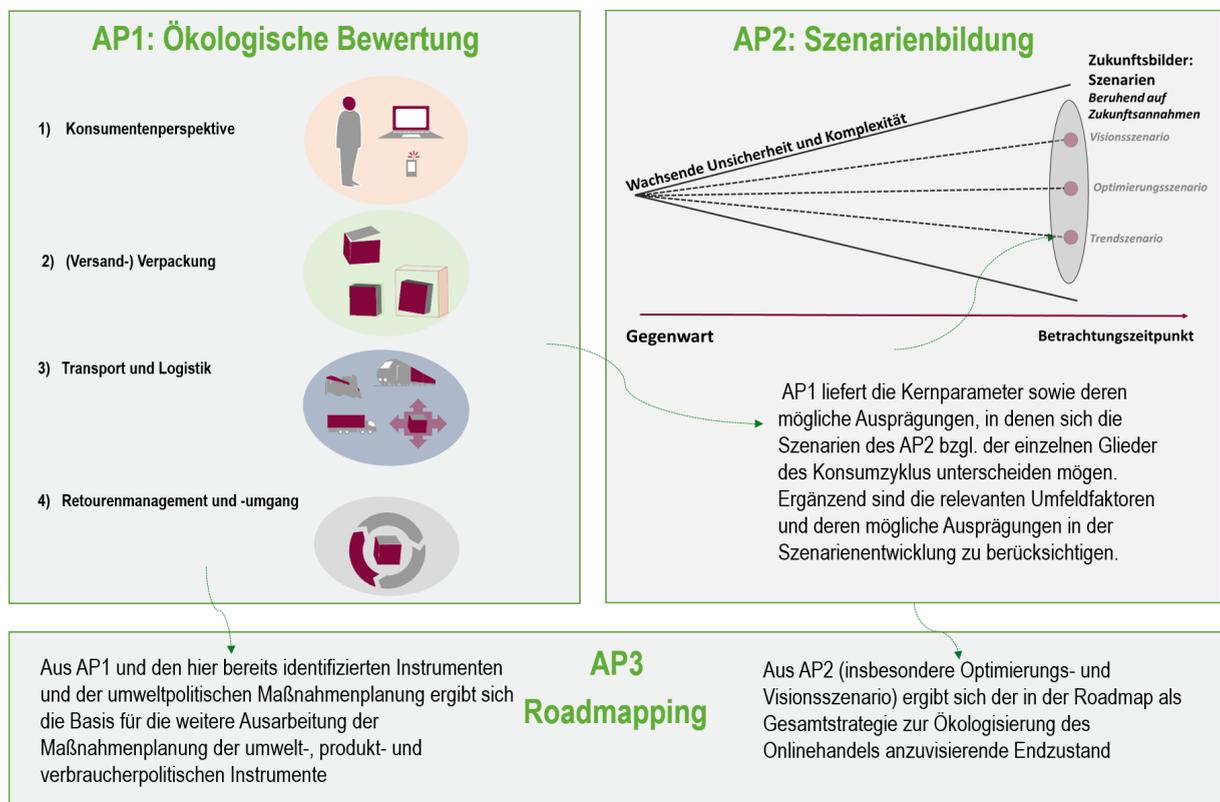
1.2 Vorgehen im Überblick und Berichtsinhalte

Die Arbeit im Projekt ist in vier Arbeitspakete gegliedert, während die (Zwischen-)Ergebnisse des ersten Arbeitspakets (AP1) Gegenstand dieses Berichts sind:

- ▶ **Arbeitspaket 1: Ökologische Bewertung**
Dieses Arbeitspaket dient primär dazu, eine Wissensbasis zu den Umweltwirkungen des Onlinehandels zu erarbeiten und die ökologisch relevanten Stellschrauben sowie mögliche Ausprägungen dieser zu identifizieren.
Dies beinhaltet die Erarbeitung einer Datengrundlage zu unterschiedlichen Ausprägungen des „Konsumzyklus Onlinehandel“ (Fokussierung); die pragmatische Bilanzierung der direkten und indirekten Umweltwirkungen sowie die Identifizierung (erster) Handlungsoptionen zur Ökologisierung des Onlinehandels.
- ▶ **Arbeitspaket 2: Szenarienbildung**
Im Arbeitspaket 2 werden auf Basis der Erkenntnisse von AP1 drei Szenarien zu möglichen zukünftigen Ausgestaltungen des Onlinehandels entwickelt: Trendszenario, Optimierungsszenario, Visionsszenario. Im Trendszenario erfolgt eine Annahme von „Business-as-usual“, d. h. es erfolgt eine Extrapolation des in AP 1 ermittelten Status-quo und bestehender Entwicklungen in die Zukunft. Im Optimierungsszenario wird angenommen, dass sich die innovativen und insbesondere ressourcenschonenden Potenziale zur Ökologisierung des Onlinehandels ausschöpfen lassen. Im Visionsszenario wird ein CO₂-neutraler und ressourcenschonender Onlinehandel innerhalb der Begrenzungen der nachhaltigen Entwicklung angenommen. Im Zentrum der Szenarienbildung steht die Variation der in AP1 identifizierten Stellschrauben (Kernparameter) für die ökologische Performance in den einzelnen Gliedern des Konsumzyklus. Daneben sind relevante Umfeldfaktoren zu identifizieren und zu berücksichtigen.
- ▶ **Arbeitspaket 3: Roadmapping – Nachhaltigkeit/ umweltpolitische Empfehlungen**
Beinhaltet die Entwicklung einer Roadmap zur nachhaltigen Entwicklung des Konsums im Onlinehandel – beginnend heute – entlang eines zuvor definierten Zeitstrahls bis zum anvisierten Planungshorizont. Der Planungshorizont, den die Roadmap abdeckt, korrespondiert qua methodischer Koppelung mit dem der Szenarienbildung. Zum einen veranschaulicht die zu entwickelnde Roadmap die Gesamtstrategie zur Ökologisierung des Onlinehandels. Zum anderen enthält sie eine Maßnahmenplanung, wann und in welcher Weise die umwelt-, produkt- und verbraucherpolitischen Instrumente sowie die weiteren nachhaltigkeitsbezogenen Maßnahmen weiterzuentwickeln sind.
- ▶ **Arbeitspaket 4: KNK Beratungsangebote**
Beinhaltet die Entwicklung von Beratungsangeboten für das beim UBA angesiedelte Kompetenzzentrum Nachhaltiger Konsum (KNK).

Inhaltlich sind insbesondere die Arbeitspakete 1-3 eng miteinander verwoben. In Arbeitspaket 1 werden die wesentlichen inhaltlichen Grundlagen für die Arbeit in den beiden folgenden Arbeitspaketen gelegt. AP2 und AP3 sind methodisch eng verknüpft. Das Zusammenspiel der Arbeitspakete 1-3 ist zusammenfassend in folgender Abbildung dargestellt.

Abbildung 5: Zusammenspiel von AP1-3



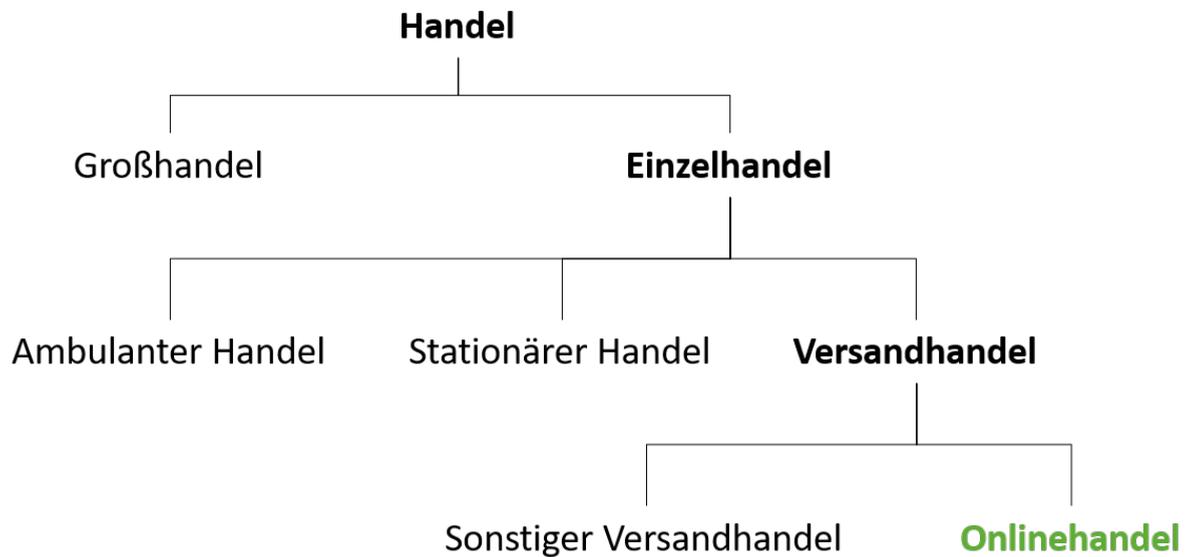
Quelle: eigene Darstellung, Ökopol

1.3 Abgrenzung des Untersuchungsgegenstands

Das Projekt zielt darauf ab, Chancen, Risiken und Handlungsansätze zur ökologischeren Gestaltung des Onlinehandels zu identifizieren.

Onlinehandel stellt eine bestimmte Form des Einzelhandels dar. Einzelhandel bezeichnet den „Absatz von Waren an Letztverbraucher durch Einzelhandelsunternehmen“ (Henning 2020). Die Unternehmen des Einzelhandels beschaffen Waren – in der Regel verschiedener Hersteller, fügen sie zu einem Sortiment zusammen und verkaufen sie an Endverbraucherinnen und Endverbraucher, im Gegensatz zum Großhandel, der an gewerbliche Abnehmer verkauft. Innerhalb des Einzelhandels kann weiter nach dem Ort des Handels unterschieden werden. Hier sind der ambulante Handel (Märkte, Haustürgeschäfte), der stationäre Handel (Ladengeschäfte) und der Versandhandel zu unterscheiden. Im Versandhandel stellt der Onlinehandel die relevanteste Handelsart dar. Im Onlinehandel erfolgen Kauf und Verkauf der Produkte über das Internet (HDE 2020). Der sonstige Versandhandel, d. h. bspw. Kataloggeschäft und Tele-Shopping, verlieren an Bedeutung.

Abbildung 6: Onlinehandel als Form des Einzelhandels



Quelle: eigene Darstellung, Ökopool

Für das Vorhaben sind hierüber hinausgehende Abgrenzungen des Untersuchungsgegenstands notwendig: Es macht dabei Sinn, auf solche Prozesse zu fokussieren, die spezifisch für die Art des Handels (d. h. für den Onlinehandel) sind. So fällt der Transport der Ware vom Ort der Herstellung bis zu einem bestimmten Logistik- bzw. Distributionszentrum unabhängig von der Art des Handels an und kann aus der Betrachtung ausgeklammert werden. Das heißt, es erfolgt eine Fokussierung auf für den Onlinehandel spezifische Prozesse.

Darüber hinaus sind für das Vorhaben folgende Setzungen getroffen worden:

- ▶ Es wird fokussiert auf den B2C-Bereich.
- ▶ Es wird fokussiert auf physische Waren (keine Streaming- oder Downloadangebote), die online erworben wurden; besondere Relevanz haben hier
 - Textilien
 - Elektronik
 - Bücher
- ▶ Es wird zudem fokussiert auf die Lieferung über KEP-Dienste.

Umgekehrt heißt dies nicht, dass die durchgeführten Betrachtungen nur für die Bereiche, auf die fokussiert wird, Gültigkeit haben. Im Gegenteil: Es ist davon auszugehen, dass identifizierte Handlungsansätze in vielen Fällen auch für andere Bereiche des Onlinehandels Gültigkeit haben.

2 Ökologische Effekte des Onlinehandels – übergeordnete Betrachtung

Umweltwirkungen bzw. ökologische Effekte beim Onlinehandel ergeben sich entlang des Konsumzyklus, der hier in vier Elemente aufgliedert ist:

- ▶ Die Informationsbeschaffung durch die Kundinnen und Kunden und deren Konsumwünsche
- ▶ Die Nutzung von Versandverpackungen im Onlinehandel
- ▶ Die Lieferung der Produkte bis zur Kundin oder dem Kunden, inklusive aller verbundenen Logistikprozesse
- ▶ Der evtl. Rückversand (Retoure) der Produkte

Zu diesen vier Elementen erfolgt zunächst eine übergeordnete Betrachtung anhand einer Auswertung des Standes der Literatur zur ökologischen Bewertung des Onlinehandels. Auf Basis dieser Literaturlauswertung erfolgen eine Einordnung der ökologischen Bedeutung des (Online-) Handels im Produktlebenszyklus, eine vergleichende Betrachtung von Online- und stationärem Handel sowie eine Identifizierung der ökologischen Hotspots des Onlinehandels, also der Relevanz der einzelnen Elemente des Onlinehandels sowie weiterer relevanter ökologischer Aspekte.

Im weiteren Projektverlauf (nicht Gegenstand dieses Teilberichts) werden diese vier Elemente dann einzeln und vertiefend beleuchtet betrachtet und konkrete mögliche Handlungsansätze zur Ökologisierung identifiziert.

2.1 Der Lebensweg von Produkten und die Rolle des Handels

Umweltwirkungen entstehen entlang des Lebensweges von Produkten, in der Produktherstellung, der Distribution, der Nutzung und der Entsorgung von Produkten bzw. in den jeweils vor- und nachgelagerten Prozessen. Die Relevanz der einzelnen Phasen des Lebenszyklus unterscheidet sich je nach Produkt und Ausgestaltung der Prozessketten von Herstellung, Distribution, Nutzung usw.

Für Bücher beispielsweise bewegen sich die Angaben in Ökobilanzstudien für den Beitrag der Distribution, welche den Handel und den vorgelagerten Transport der Produkte ab der Herstellung einschließt, zu den gesamten CO_{2eq}-Emissionen zwischen 2-3 % (Dowd-Hinkle 2012; Hatae und Hansuebsai 2016) und 9-14 % (Ding et al. o.J.; Kolvik 2014; Maslennikova et al. 2008). Es dominieren hier Herstellungsphase und End-of-Life.

Im Bereich der Textilien werden überwiegend die Nutzungs- und die Herstellungsphase als ökologisch am relevantesten eingestuft, was zum einen aus Anbau und Weiterverarbeitung der Baumwolle zum fertigen Textilprodukt, zum anderen aus den Aufwendungen für das Waschen und ggf. die Trocknung resultiert. Der Anteil der Transportprozesse an den Umweltwirkungen wird insgesamt als eher gering (<5 %) eingeschätzt (Cartwright et al. 2011; Piontek und Müller 2018; Browne et al. 2005). Nur in Einzelfällen wird ein relevant höherer Anteil von Distribution und Handel angegeben (Piontek und Müller 2018), bspw. für den Fall, dass der Kauf im stationären Handel erfolgt und mit dem privaten PKW vorgenommen wird.

Elektronikprodukte sind vergleichsweise intensiv ökobilanziell untersucht worden. Eine Reviewstudie von Subramanian und Yung (Subramanian und Yung 2016) hat 134 Journalartikel ausgewertet, die „Consumer Electronic“ Produkte zum Untersuchungsgegenstand hatten. Recht

deutlich wird in der Reviewstudie herausgestellt, dass Handel bzw. Transport kaum eine Relevanz für die ökologische Gesamtbetrachtung haben, während Herstellungsphasen, Nutzungsphase und End-of-Life-Phase die Umweltwirkungen dominieren. Die Betrachtung produktspezifischer Studien zeigt für den Transport meist einen Anteil von unter einem Prozent (Maslennikova et al. 2008; Hischer und Baudin 2010), vereinzelt wird ein höherer Anteil angegeben, bspw. rund 6 % für Laptops² (Ciroth und Franze 2011).

Tabelle 1 zeigt Beispiele für mögliche Aufteilungen von entlang des Produktlebenswegs auftretenden CO_{2e}-Emissionen für verschiedene Produkte.

Tabelle 1: Aufteilung der CO_{2e}-Emissionen entlang des Produktlebenswegs bei ausgewählten beispielhaften Produkten

Produkt	Anteil Herstellung (Cradle-to-Gate)	Handel / Distribution	Nutzung	Entsorgung/ End-of-Life	Quelle
Buch	98 %	1 %	0 %	1 %	(Wells et al. 2012)
Buch	63 %	3 %	35 %	0 %	(Dowd-Hinkle 2012)
Buch	91 %	2 %	0 %	6 %	(Hatae und Hansuebsai 2016)
Buch	90 %	12 %	0 %	1 %	(Ding et al. o.J.)
Notebook	69 %	10 %	20 %	1 %	(HP 2019)
Ecolabeled Notebook	80 %	6 %	8 %	1 %	(Ciroth und Franze 2011)
PC	44 %	2 %	53 %	1 %	(HP 2018)
E-Book Reader	30 %	<1 %	69 %	<1 %	(Maslennikova et al. 2008)
T-Shirt	62 %	3 %	31 %	2 %	(Systain 2009)
T-Shirt	25 %	2 %	72 %	2 %	(Cartwright et al. 2011)
Fertiggericht (Hähnchen-Geschnetzeltes)	72 %	6 %	22 %	0 %	(Frosta 2012)
Olivenöl	71 %	7 %	12 %	<1 %	(Russo et al. 2015)
Ananas, Herkunft: Costa Rica	48 %	52 %	-	-	(Ingwersen 2012)

Auswertung auf Basis der aufgeführten Quellen; Angaben von (Dowd-Hinkle 2012) beziehen sich abweichend von den sonstigen Angaben nicht auf CO_{2e}-Emissionen sondern den Energieaufwand; der Nutzungsphase wird hier auch die

² Giroth und Franze betrachten einen besonders energieeffizienten Laptop mit Ecolabel, der geringere Umweltwirkungen in der Nutzungsphase aufweist, wodurch sich die relative Relevanz der anderen Lebenszyklusphasen erhöht.

Einkaufsfahrt (per PKW) zugerechnet.

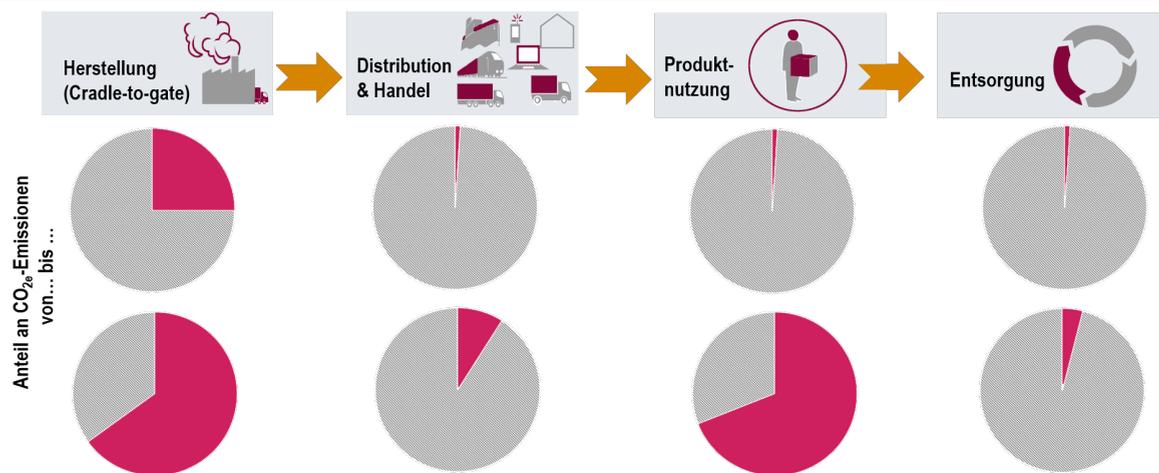
Cradle-to-Gate: Betrachtung der Vorketten und Produktionsprozesse bis zum Werkstor.

Teilweise ergeben die Summen der einzelnen Abschnitte des Produktlebenswegs rundungsbedingt nicht 100 %.

Die CO_{2e}-Emissionen aus dem Einsatz sind Handel/Distribution zugeordnet, werden jedoch in kaum einer der genannten Studien separat ausgewiesen.

In Bezug auf die gesamten CO_{2e} Emissionen zeigt sich klar die Relevanz der Herstellung; dies deckt sich mit den Ergebnissen anderer Review-Studien (Edwards et al. 2011). Bei Produkten, deren Nutzung mit Energie- und Ressourcenaufwand verbunden ist, kommt der Nutzungsphase ebenfalls eine größere Relevanz zu; im Gegensatz zu Produkten wie bspw. Büchern. Der relative Beitrag einzelner Phasen des Produktlebenswegs zu den gesamten CO_{2e}-Emissionen ist in Abbildung 7 veranschaulicht.

Abbildung 7: Visualisierung der Anteile einzelner Phasen des Lebenszyklus an CO_{2e}-Emissionen



Eigene Darstellung, Ökopool; auf Basis der zuvor genannten Studien (vgl. Tabelle 1 und vorstehenden Text).

Auf Basis der vorstehenden Betrachtungen lässt sich also eine – je nach konkretem Produkt – im Vergleich zu Herstellung und Nutzung geringere ökologische Relevanz des Handels in Bezug auf den Produktlebensweg feststellen. Gleichzeitig ist jedoch klar festzustellen, dass die Distribution (einschließlich Handel) insgesamt zu erheblichen Umweltwirkungen führt und ein relevanter Verursacher von Treibhausgasemissionen ist (Frankel 2009). Zudem begrenzt sich die Rolle des Handels bei der ökologischen Betrachtung nicht auf die Prozesse von Transport, Lagerung usw., sondern der Handel kann zu einem Katalysator für Veränderungen von Konsummustern (Konsum anderer Produkte, wachsender Konsum) sein. Zum anderen können aus dem spezifischen Umgang mit Produkten im Handel bzw. deren eventueller Vernichtung (Retourenvernichtung, Vernichtung nicht-verkaufter Waren) relevante Umweltwirkungen resultieren. Hier zeigt sich eine enge potentielle Verknüpfung mit den Umweltwirkungen an anderer Stelle im Lebensweg der Produkte.

2.2 Umweltwirkungen des (Online-)Handels

Im Kontext dieser Studie sind zwei grundlegende Arten des (Einzel-)Handels zu unterscheiden³: der Onlinehandel und der stationäre Handel. Die Umweltwirkungen ergeben sich aus den Transportprozessen zwischen den einzelnen Stationen der (verpackten) Produkte bis zur

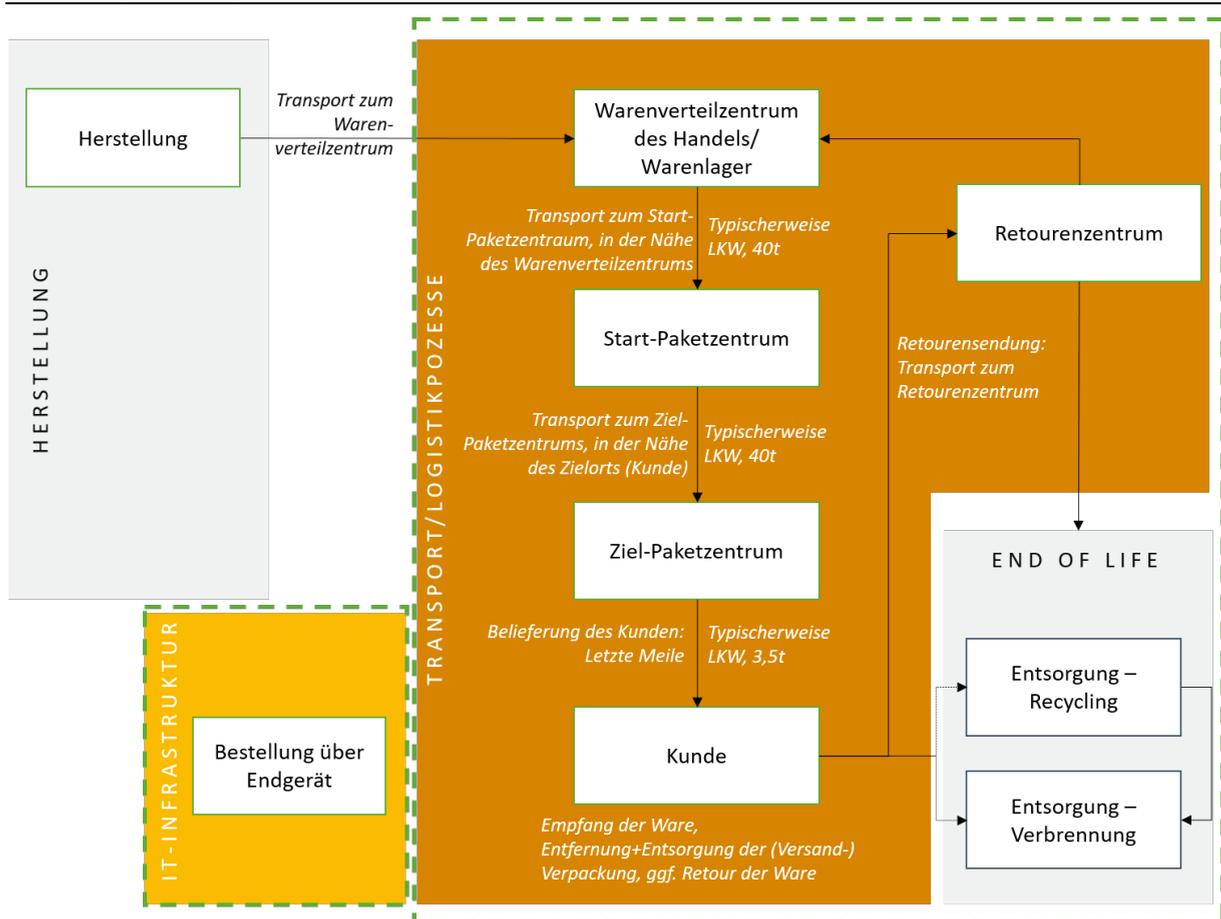
³ Zwar lässt sich wie in Abschnitt 1.3 dargestellt eine dritte Art des Einzelhandels unterscheiden, der ambulante Handel. Dieser ist jedoch mit einem Anteil von <1 % am Gesamtumsatz des Einzelhandels von untergeordneter Bedeutung (Destatis 2008; Wirtschaftlexikon24 2017).

Kundin oder bis zum Kunden und den Aufwendungen der Stationen (Warenverteilzentren, Lager, Paketzentren, Markt/Geschäft). Abbildung 8 und Abbildung 9 zeigen eine mögliche Ausgestaltung der Prozessketten von Online- und stationärem Handel. Im konkreten Einzelfall sind Abweichungen (bspw. ergänzende Zwischendepots) möglich (siehe bspw. Richter et al. (2019) für Beschreibungen verschiedener Ausgestaltungsformen der Logistik und Logistikstandortstrukturen im Handel).

In beiden Fällen treten also verschiedene Transport- und Warenumschlagsprozesse auf. Beim stationären Handel sind zudem die Umweltwirkungen des Marktes bzw. Ladengeschäfts zu berücksichtigen sowie die Einkaufsfahrt der Kundinnen und Kunden. Beim Onlinehandel werden die Produkte typischerweise nach Hause bzw. zu einem Abholpunkt geliefert. Ergänzend sind beim Onlinehandel die Aufwendungen der IT-Infrastruktur zu berücksichtigen.

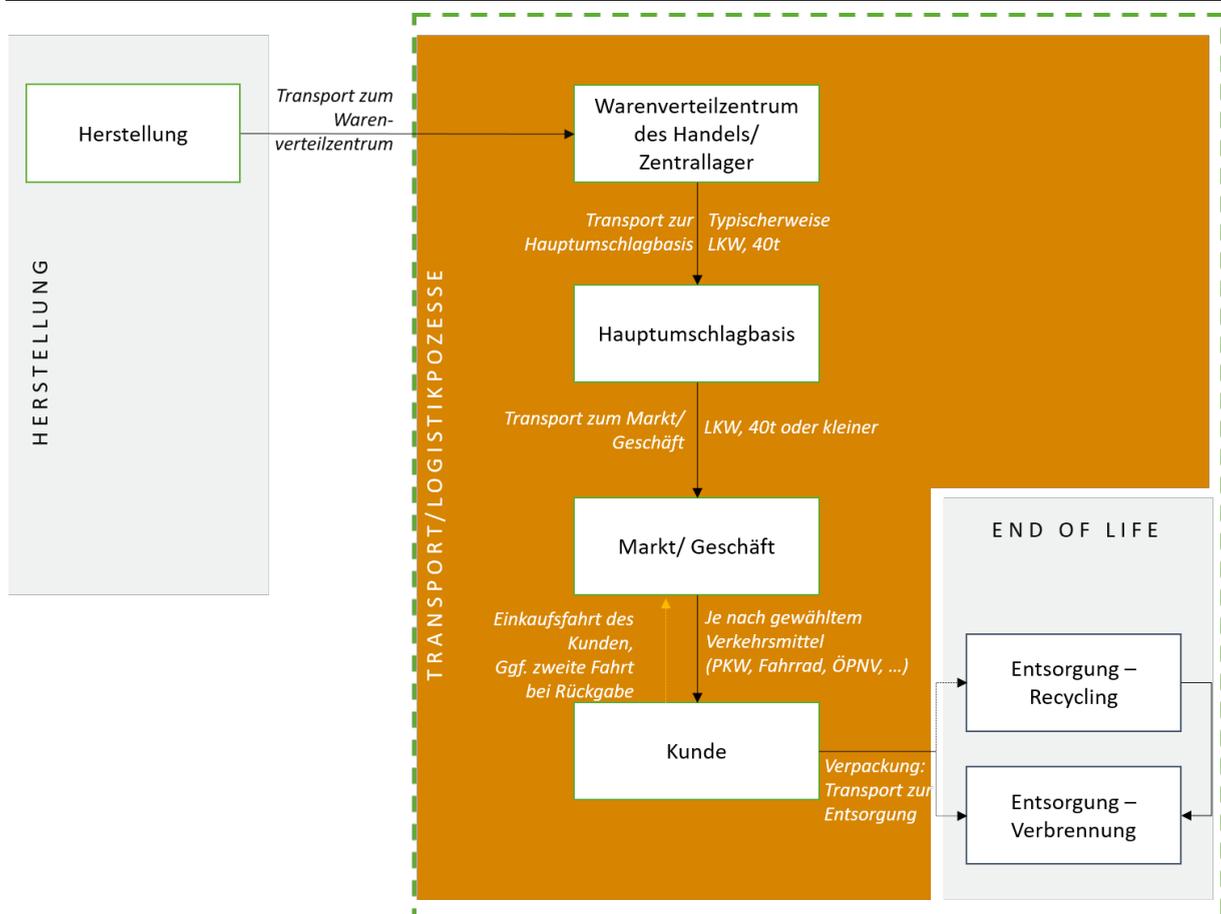
Auch wenn der Fokus in diesem Vorhaben auf dem Onlinehandel liegt, erfolgt in Abschnitt 2.2.1 eine vergleichende Betrachtung beider Systeme.

Abbildung 8: Logistische Prozesse und Stationen im Onlinehandel



Quelle: eigene Darstellung Ökopool

Abbildung 9: Logistische Prozesse und Stationen im stationären Handel



Quelle: eigene Darstellung Ökopool

2.2.1 Vergleichende Betrachtung von Onlinehandel und stationärem Handel

Bezüglich der ökologischen Vor- und Nachteilhaftigkeit des Onlinehandels im Vergleich zum stationären Handel sowie zur Abschätzung der ökologischen Relevanz der verschiedenen Elemente des Konsumzyklus ist eine systematische Auswertung verfügbarer Literatur erfolgt. Hierbei wurden wissenschaftliche Artikel sowie graue Literatur berücksichtigt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass das vorliegende Forschungsvorhaben nicht primär den Vergleich beider Systeme zum Ziel hat. Vielmehr soll der Onlinehandel für sich betrachtet und ökologische Handlungsansätze identifiziert werden; der Vergleich mit dem stationären Handel liefert hierfür erste Anhaltspunkte.

Die für den Vergleich von Onlinehandel und stationärem Handel betrachteten Arbeiten nehmen überwiegend vergleichende Betrachtungen der Umweltwirkungen von Online- und stationärem Handel beim Kauf bestimmter Produkte mit Fokussierung auf nachgelagerte negative Umweltwirkungen vor, die im Konsumzyklus ab dem Punkt entstehen, an dem sich die Distributionsnetzwerke Online- und stationärer Handel unterscheiden.

- ▶ Primär umfasst dies die Lagerung in Distributionszentralen, den Versand zu Kundinnen und Kunden und die weitere Handhabung physischer Waren im Falle einer Retoure.
- ▶ Ausgeschlossen von der Betrachtung sind in der bestehenden Literatur meist die Prozesse, welche diesem Punkt voraus gehen und für beide Logistiksysteme ähnlich sind, wie die Herstellung der Waren und deren Zwischenlagerung in Warenlagern.

Die betrachteten Arbeiten beziehen sich auf unterschiedliche Produkte wie Lebensmittel (siehe bspw. Foley et al. 2003; Cairns et al. 2004; Mokhtarian 2004), nicht verderbliche Produkte wie kleine elektronische Geräte, Bücher, Kleidung und Haushaltsgegenstände (z. B. Halldórsson et al. 2010; Mokhtarian 2004) oder nehmen keinen konkreten Produktbezug vor. In der Auswertung sind auch zwei umfassende Reviewstudien (Mangiaracina et al. 2015, Olah et al. 2019) berücksichtigt, die jeweils eine größere Anzahl Artikel zum Thema ausgewertet haben.

Kernaussage: ökologische Vorteilhaftigkeit des Onlinehandels in vielen Fällen

Die ausgewerteten Studien kommen zum Schluss, dass in der Mehrzahl der Fälle von einer ökologischen Vorteilhaftigkeit (meist in Bezug auf entstehende Treibhausgasemissionen) des Einkaufs im Onlinehandel gegenüber einem Einkauf im stationären Handel ausgegangen werden kann (vgl. Cairns et al. 2004; DCTI 2015; Edwards et al. 2011; Edwards et al. 2010; Heshmati et al. 2019; Mangiaracina et al. 2015; Makhtarian 2004; Mokhtarian 2004; Oláh et al. 2019; Mottschall 2015; Potter et al. 2011; Siikavirta et al. 2002; Velásquez und Ahmad 2009; Weber et al. 2009 - 2009; Wiese 2013). Lediglich in einer Studie (Shahmohammadi et al. 2020) werden dem Onlinehandel für „Fast-Moving-Consumer-Goods“ in der Mehrzahl der Fälle ökologische Nachteile gegenüber dem Einkauf im stationären Handel bescheinigt.

Auch wenn in vielen Fällen eine ökologische Vorteilhaftigkeit des Onlinehandels besteht, machen jedoch insbesondere die Autorinnen und Autoren der ausgewerteten Reviewstudien (Mangiaracina et al. 2015; Oláh et al. 2019) deutlich, dass fallspezifische Aspekte zu berücksichtigen sind und die Umweltwirkung des stationären Handels und des Onlinehandels von verschiedenen Faktoren abhängen, die sich von Fall zu Fall unterscheiden. Beim Onlinehandel kommt der letzten Meile in Bezug auf die Umweltwirkungen eine besondere Rolle zu, beim stationären Handel dem Markt/Geschäft sowie der Einkaufsfahrt der Kundinnen und Kunden.

Eine Quantifizierung der Beiträge einzelner Faktoren findet sich beispielsweise bei Weber et al. (2018), die einen Vergleich des Kaufs eines Elektroprodukts im Online- und stationären Handel vorgenommen haben. Hier erfolgt eine detailliertere Ausweisung der Beiträge von Verpackung, Transport (beim stationären Handel Weg zum Handel) und letzter Meile. Bezogen auf den Primärenergiebedarf tragen demnach beim Onlinehandel die (Versand-)Verpackung mit 22 % und die letzte Meile mit 32 % bei. Beim stationären Handel hingegen wird die Fahrt zum Handel mit 65 % Anteil am Primärenergiebedarf quantifiziert. Anhand einer Monte Carlo Analyse⁴ erfolgt zudem eine Variation der Einflussfaktoren Auslastung, Distanzen, Antriebstechnologie (Effizienz). In 80 % der Fälle zeigen sich hierbei ökologische Vorteile für den Onlinehandel. Im Mittel wird ein um 30 % niedrigerer Primärenergiebedarf für den Onlinehandel angegeben.

Hotspots des stationären Handels: Emissionen des Marktes

Die überwiegend schlechtere ökologische Bilanz des stationären Handels ergibt sich im Wesentlichen aus zwei Faktoren: den Umweltwirkungen des Marktes/ Ladens sowie den Umweltwirkungen der Einkaufsfahrt der Kundinnen und Kunden.

Mottschall (2015) beziffert den Anteil des Marktes (Strom und Wärme) an den handelsbezogenen CO_{2e}-Emissionen eines Schuhkaufs auf knapp 30 bis knapp 80 % (je nach Verkehrsmittel, welches für die Einkaufsfahrt der Kundinnen und Kunden gewählt wird). Die auf einen Schuhkauf bezogenen absoluten Emissionen (des Ladens) werden hier mit 1.000 g CO_{2e}-Emissionen beziffert (Mottschall 2015). Andere Studien weisen die Emissionen von Markt/ Laden überwiegend nicht gesondert aus. Für eine Einordnung bzw. Validierung der Bedeutung

⁴ Computergestützte, mathematische Untersuchung, bei der Modellergebnisse unter Verwendung verschiedener Sätze von Zufallswerten immer wieder neu berechnet werden, um (Wahrscheinlichkeits-)Verteilungen möglicher Ergebnisse zu ermitteln.

der Emissionen von Markt bzw. Laden sollte daher eine eigene ergänzende Betrachtung vorgenommen worden. Hierzu wurden zum einen Geschäfts- und Nachhaltigkeitsberichte von Unternehmen aus dem Lebensmittelbereich (REWE 2019), dem Elektronikproduktebereich (CECONOMY 2019a, 2019b) und dem Bekleidungsbereich (C&A 2019; H&M 2020a, 2020b) ausgewertet. Anhand der veröffentlichten Informationen wurden die spezifischen Emissionen pro Euro Umsatz errechnet und auf einen angenommenen 50 Euro-Einkauf hochgerechnet. Hieraus ergeben sich spezifische CO_{2e}-Emissionen zwischen 300 und 1.800 g CO_{2e}-Emissionen pro 50 Euro-Einkauf.

Zum anderen wurden verschiedene beispielhafte Berechnungen für kleinere und mittlere Textil-Einzelhändler auf Grundlage typischer Verbrauchswerte und Umsatzzahlen pro Quadratmeter im Textil-Einzelhandel (BTE Handelsverband Textil 2020; Jandrikovic et al. 2012) vorgenommen. Je nach konkretem spezifischen Energiebedarf (abhängig beispielsweise vom Vorhandensein einer Klimaanlage) und Umsatzstärke ergeben sich auf dieser Basis für einen 50 Euro-Einkauf spezifische CO_{2e}-Emissionen zwischen 600 und 4.400 g CO_{2e}-Emissionen. Sowohl die Betrachtung anhand der Geschäfts- und Nachhaltigkeitsberichte als auch die ergänzenden Berechnungen anhand von Umsatzzahlen pro Quadratmeter und „typischen“ Energieverbräuchen bestätigen also die hohe Relevanz der Emissionen des Marktes.

Hotspots des stationären Handels: Weg zum Markt

Der Vergleich zwischen Lieferung nach Hause (im Onlinehandel) und eigenem Einkauf (im stationären Handel) mit Nutzung des privaten PKW zeigt in den allermeisten Fällen einen Vorteil für die Lieferung im Onlinehandel. Insgesamt besteht in der Lieferung über KEP-Dienste ein relevantes Potenzial zur Reduzierung der CO_{2e}-Emissionen, wobei hier hervorgehoben wird, dass dem spezifischen Einkaufsverhalten der Kundinnen und Kunden eine entscheidende Rolle zukommt (Wahl der Verkehrsmittel und Anzahl gekaufter Produkte pro Einkauf) (Mangiaracina et al. 2015; Oláh et al. 2019; Weltevreden und Mindali 2008).

Tabelle 2 zeigt die in den verschiedenen Studien bzw. Literaturquellen angegebenen CO₂-Emissionen für die Lieferung zum Kunden oder zur Kundin nach Hause im Onlinehandel („letzte Meile“) und die Abholung bzw. Einkaufsfahrt beim Einkauf im stationären Handel.

Tabelle 2: CO₂-Emissionen auf der „letzten Meile“ bzw. bei der Einkaufsfahrt

Einkaufsart	Betrachtungsgegenstand	Quelle	Gramm CO ₂ -Äquivalente
Online	Zustellung eines Pakets, letzte Meile, im Lieferwagen	Edwards et al. (2010)	181
Online	Zustellung eines Pakets, letzte Meile, im Lieferwagen	DCTI (2015)	390
Online	Zustellung eines Pakets, letzte Meile, im Lieferwagen	pakadoo (2016)	270
Online	Zustellung eines Pakets, letzte Meile, im Lieferwagen	van Loon et al. (2015)	~150-200
Stationär	PKW, Einkaufsfahrt 5 Kilometer	Berechnet auf Emissionsfaktoren vom KBA (2020)	600-1.100

Einkaufsart	Betrachtungsgegenstand	Quelle	Gramm CO ₂ -Äquivalente
Stationär	PKW, Einkaufsfahrt 15 Kilometer	Berechnet auf Emissionsfaktoren vom KBA (2020)	1.800-3.300
Stationär	Bus (Einkaufsfahrt, 8,8 Meilen, durchschnittliche Auslastung)	Edwards et al. (2010)	1.265
Stationär	Busfahrt (Einkaufsfahrt, eine Person, 5 Kilometer)	Berechnet anhand Emissionsfaktoren von UBA (2020)	400
Stationär	Busfahrt (Einkaufsfahrt, eine Person, 15 Kilometer)	Berechnet anhand Emissionsfaktoren von UBA (2020)	1.200
Stationär	Einkaufsfahrt mit Stadt-, U- oder Straßenbahn (5 Kilometer)	Berechnet anhand Emissionsfaktoren von UBA (2020)	290
Stationär	Einkaufsfahrt mit Stadt-, U- oder Straßenbahn (15 Kilometer)	Berechnet anhand Emissionsfaktoren von UBA (2020)	870
Stationär	Einkaufsweg zu Fuß zurückgelegt oder per Fahrrad	-	0

Quelle: Edwards et al. 2010

Diese Daten zeigen die grundsätzliche Effizienz der Zustellung durch Lieferwagen gegenüber einer Einkaufsfahrt im PKW oder auch per Bus. Sie lassen sich jedoch auch so interpretieren, dass die Bündelung des Einkaufs und Wahl des Verkehrsmittels im stationären Handel dessen ökologische Nachteile deutlich reduzieren können. Umgekehrt ergibt eine Bündelung von Bestellungen im Onlinehandel nicht in jedem Fall eine ökologische Verbesserung, da es hier dennoch zu getrenntem Versand der zusammen bestellten Produkte kommen kann.

(Versand-)Verpackungen

Im Onlinehandel werden abgesehen von Einzelfällen, in denen zur Produktverpackung keine zusätzliche Verpackung notwendig ist, Produkte in zusätzlichen Versandverpackungen versendet. Je nach Größe und verwendetem Material resultieren hieraus zusätzliche Emissionen. Diese können von 20 g CO₂-Äquivalente (für eine kleine Faltschachtel mit einem Volumen von 2,4 Litern) bis 1.000 g (für einen großen Pappkarton mit einem Volumen von 128 Litern) reichen⁵. Versandverpackungen finden beim Kauf im stationären Handel keine Anwendung. Gegebenenfalls kommt es hier jedoch zum Einsatz von Plastik- oder Papiertüten oder ggf. eines

⁵ Die Werte für die Emission von CO₂-Äquivalenten aus dem Einsatz von Versandverpackungen entstammen der Detailanalyse im Projekt, welche nicht Gegenstand dieses Teilberichts ist.

Baumwollbeutels. Je nach Häufigkeit des Einsatzes und Art der Tüte bzw. des Beutels können sich hier die Emissionen zwischen 0 und 130 g (UBA 2019; Detzel 2014) ergeben.

Skalierungseffekte im Onlinehandel

Positive Umwelteffekte gegenüber dem stationären Handel können im Onlinehandel in den Bereichen Lagerung und Verpackung auftreten, wenn vergleichsweise große Mengen an Produkten bzw. Sendungen verarbeitet werden (Skalierungseffekte) (Mangiaracina et al. 2015; Oláh et al. 2019).

Neben der potenziell höheren Effizienz im Onlinehandel durch die effizientere Lieferung stellen Edwards et al. (2011) auch eine deutlich höhere Energieeffizienz von großen Lagern im Vergleich zu Geschäften des Einzelhandels fest. Hier wird ein bis zu 16-fach geringerer Energieaufwand angegeben. Ebenso verfügt der Onlinehandel häufig über ein höheres Automatisierungsniveau als der stationäre Handel, was die Effizienz erhöhen und die Umweltwirkungen reduzieren kann.

Zusammenfassende Darstellung

Wie bereits zu Beginn des Abschnitts dargestellt, lässt sich in Bezug auf die Emission von CO₂-Äquivalenten für die Mehrzahl der Fälle eine Vorteilhaftigkeit des Onlinehandels gegenüber dem stationären Handel feststellen. Dabei ist zu betonen, dass die Spannbreite der Emissionen der Vielzahl der denkbaren Fälle sehr groß ist. Zum anderen gibt es durchaus Fälle, in denen eine eindeutige Vorteilhaftigkeit des Kaufs im stationären Handel festzustellen ist.

Tabelle 3 fasst die vorstehenden Darstellungen entlang der einzelnen Prozessschritte des Kaufs im Onlinehandel bzw. im stationären Handel zusammen.

Tabelle 3: Vergleich der Emission von CO₂-Äquivalenten beim Kauf in Onlinehandel und stationärem Handel

Prozess im Onlinehandel	Emission von CO ₂ -Äquivalenten [g] für Prozess im Onlinehandel	Emission von CO ₂ -Äquivalenten [g] für Prozess im stationären Handel	Prozess im stationären Handel
Onlinebestellvorgang	5-60	0	(ggf. wäre auch hier Online-Informationssuche vorab zum Einkauf im stationären Handel zu berücksichtigen)
Lager/ Distributionszentren	20-120	300-4.400 (abhängig von Größe, Umsatz, Produktsortiment, techn. Ausstattung)	Ladengeschäft/ Markt
Transport auf der letzten Meile	200-400	600-1.100 (5 km PKW-Fahrt) 1.800-3.300 (15 km PKW-Fahrt) 400 (5 km Busfahrt) 290 (5 km Stadtbahn, U-/S-Bahn) 0 (Zu Fuß, per Fahrrad)	Fahrt zum Handel

Prozess im Onlinehandel	Emission von CO ₂ -Äquivalenten [g] für Prozess im Onlinehandel	Emission von CO ₂ -Äquivalenten [g] für Prozess im stationären Handel	Prozess im stationären Handel
Versandverpackung	20 (2,4 L Faltschachtel bis 1.000 (128 L Pappkarton)	130 (Kunststofftasche) 40 (Papiertüte, 100 % PCR) 30 (LDPE Tasche)	Beutel/ Tüte

Auswertung von Ökopol auf Basis der verschiedenen in Abschnitt 2.2.1 genannten Quellen

Die Transportprozesse, die vor der letzten Meile bzw. der Einkaufsfahrt der Kundinnen und Kunden stattfinden (Transporte zwischen Lagern und Verteilzentren etc.) sind in den meisten Fällen für Onlinehandel und stationären Handel ähnlich zu bewerten und wurden daher bei dieser vergleichenden Darstellung nicht mit berücksichtigt.

2.2.2 Ökologische Hotspots und Stellschrauben im Onlinehandel

Der Untersuchungsgegenstand in diesem Vorhaben ist der Onlinehandel. Um eine zielgerichtete Betrachtung der ökologischen Hotspots und Stellschrauben vornehmen zu können, erfolgt eine Fokussierung auf die Aspekte, in denen sich der Onlinehandel vom Referenzsystem stationärer Handel unterscheidet (vgl. Abbildung 8 und Abbildung 9).

Die Umweltwirkungen des Onlinehandels ergeben sich aus

- ▶ Den Umweltwirkungen der Transportprozesse bis zum Zielpaketzentrum
- ▶ Den Umweltwirkungen in Lagern und Distributionszentren
- ▶ Den Umweltwirkungen auf der letzten Meile
- ▶ Den Umweltwirkungen der IT-Infrastruktur (bzw. des Onlinebestellvorgangs)
- ▶ Den Umweltwirkungen der zusätzlichen Versandverpackung

Im Falle einer Retoure kommen weitere Transportaufwendungen hinzu sowie gegebenenfalls eine Vernichtung der retournierten Waren.

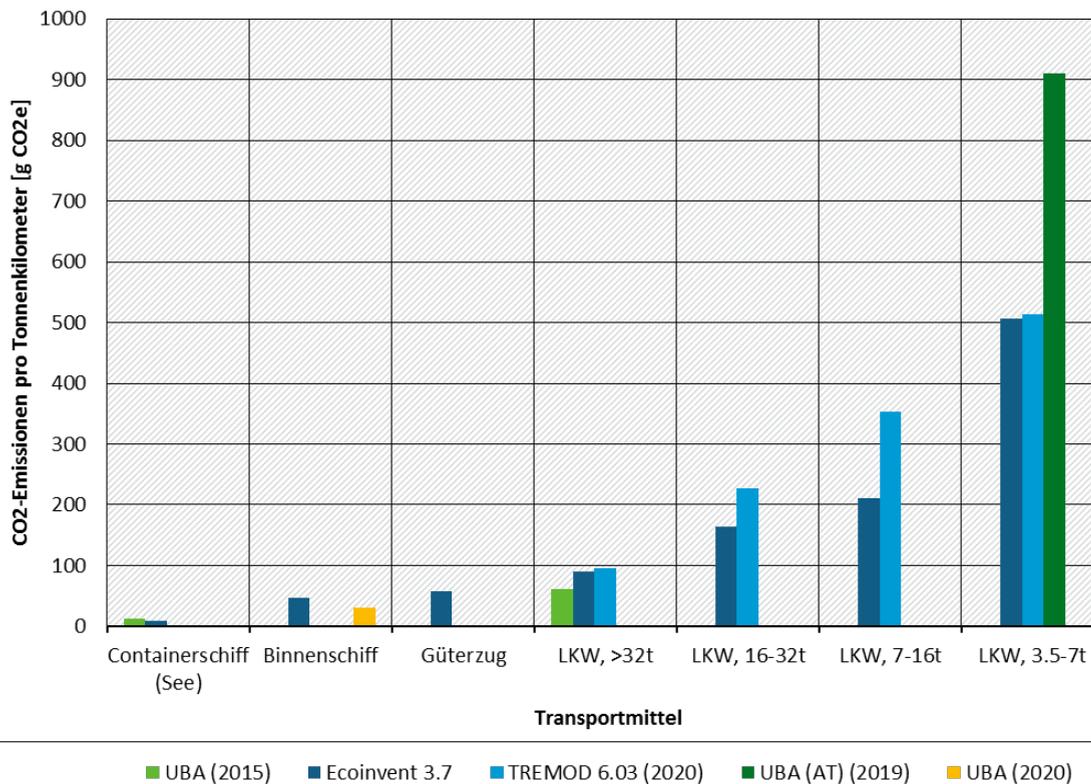
2.2.2.1 Umweltwirkungen der Transportprozesse: Vorlauf, Hauptlauf, letzte Meile

Die Umweltwirkungen der Transportprozesse hängen vom Transportmittel und den zurückgelegten Distanzen ab. Je nach Transportmittel unterscheiden sich die Emissionen pro Tonnenkilometer (Transport von einer 1.000 kg über einen Kilometer) teilweise deutlich. In Abbildung 10 sind Emissionsfaktoren verschiedener Transportmittel aus verschiedenen Datenquellen zusammengestellt.

Abbildung 10: Emissionsfaktoren verschiedener Transportmittel

Emissionsfaktoren verschiedener Transportmittel

Zusammenstellung auf Basis verschiedener Quellen



Quelle: UBA (2015, 2020), UBA (AT) (2019), TREMOD 6.03 (2020), ecoinvent 3.7

Transportprozesse finden zwischen Warenverteilzentrum des Handels und Start-Paketzentrum (sogenannter Vorlauf), zwischen Start-Paketzentrum (auch: Hauptumschlagbasis) und Zielpaketzentrum (sogenannter Hauptlauf) und zwischen Zielpaketzentrum und den Kundinnen und Kunden (sogenannte letzte Meile) statt. Je nach Distanzen und Transportmitteln ergeben sich die Umweltwirkungen für den Einzelfall. Die größten Distanzen werden typischerweise im Hauptlauf zurückgelegt, gefolgt vom Vorlauf zwischen Lager und Start-Paketzentrum. Die Distanzen auf der letzten Meile sind deutlich geringer. Durch die unterschiedlichen Transportmittel ergibt sich jedoch in Bezug auf die Umweltwirkungen ein anderes Bild: In der Studie von DCTI (2015) wird der Anteil der letzten Meile bezogen auf ein Paket mit 390 g beziffert, während Vorlauf und Hauptlauf in der Summe auf rund 250 g kommen. Der Anteil der letzten Meile beträgt hier also rund 60 %, der Anteil von Vorlauf und Hauptlauf zusammen rund 40 %.

Eine beispielhafte orientierende Berechnung anhand angenommener Distanzen von 200 km im Vorlauf und 300 km im Hauptlauf gegenüber 60 km auf der letzten Meile ergibt unter Nutzung von Emissionsfaktoren aus TREMOD einen Anteil der letzten Meile von rund 40 % an den transportbedingten CO_{2e}-Emissionen. Bei einer Einbeziehung eines eventuellen vorgelagerten Transports per Containerschiff (welcher außerhalb des Betrachtungsraums dieser Studie liegt) mit einer angenommenen Transportdistanz von 12.000 km reduziert sich der Anteil der letzten Meile auf rund 14 %.

Diese besondere ökologische Bedeutung der letzten Meile wird in zahlreichen Studien hervorgehoben. Zahlreiche Studien bestätigen, dass hier zum einen ein Großteil der Umweltwirkungen entstehen und zum anderen das größte Potenzial für Optimierungen gesehen wird (bspw. Wiese 2013; DCTI 2015; Mangiaracina et al. 2015; Oláh et al. 2019) – beispielsweise durch Nutzung alternativer Verkehrsmittel (Elektrofahrzeuge, Lastenräder etc.) oder alternative Zustellkonzepte (bspw. Lieferung zu alternativen Zustellorten, Nutzung von Micro-Hubs – siehe hierzu Darstellung in Tabelle 4 - etc.).

2.2.2.2 Zunahme von Lieferverkehr

Die Literaturlauswertung hat gezeigt, dass Onlinehandel im Vergleich zum stationären Handel nicht zwingend ein höheres Aufkommen an rollendem Verkehr zur Folge hat. Der Vergleich zwischen Lieferung nach Hause und eigenem Einkauf mit Nutzung des privaten PKW zeigt in vielen Fällen gar einen Vorteil (im Sinne von gefahrenen Kilometern) für die Lieferung durch KEP-Dienste (z. B. Mottschall 2015; DCTI 2015; Weber et al. 2008; Edwards et al. 2010). Jedoch zeigt sich insgesamt eine deutliche Zunahme der jährlichen KEP-Lieferungen (Anstieg um knapp 28 % von 2014 nach 2018), welcher zum Teil auf das Wachstum im Onlinehandel zurückzuführen ist. Die jährlich von Lieferwagen zurückgelegte Strecke ist im gleichen Zeitraum um 21 % angestiegen (hierin enthalten sind alle Fahrten von Lieferfahrzeugen, nicht nur die onlinehandelspezifischen) (KBA 2018).

Lieferverkehr an sich verschärft insbesondere innerhalb von verdichteten Stadtgebieten zusätzlich die Problematik der Luftverunreinigungen und verursacht CO₂-Emissionen. Da ein Großteil der Lieferungen innerhalb dieser Ballungsgebiete stattfindet (Straube et al. 2018), leiden diese aufgrund des zusätzlichen Verkehrsaufkommens durch KEP Dienstleister besonders unter Lärm- und Schadstoffemissionen. Zusätzlich zu direkten Emissionen durch die Lieferfahrzeuge entstehen indirekte Emissionen verursacht durch das Parken der Fahrzeuge in zweiter Reihe aufgrund der fehlenden Parkmöglichkeiten innerhalb der Stadtgebiete (Wiese und Gumpert 2018). Dieses Parken in zweiter Reihe verursacht zusätzliche Emissionen an CO₂, Feinstaub und anderen Schadstoffen (NO_x, SO₂, CO) durch Brems- und Beschleunigungsvorgänge anderer Autos, welche dem parkenden Lieferwagen ausweichen (Wiese und Gumpert 2018).

In der Studie „Last-Mile-Logistics Hamburg – Innerstädtische Zustelllogistik“ im Auftrag der Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation der Freien und Hansestadt Hamburg (Ninnemann et al. 2017) wurde anhand einer Stichprobenerfassung im Stadtgebiet Hamburgs die Haltedauer und das Parkverhalten von KEP-Fahrzeugen erfasst. Die Ergebnisse zeigen, dass lediglich 20 % der Fahrzeuge einen kurzen Stopp von weniger als 5 min vornehmen und die Tour anschließend fortsetzen. Gut 50 % der Fahrzeuge bleiben bis zu 10 min an einem Haltepunkt, während 33 % der Fahrzeuge sogar länger als 15 min an einem Punkt stehen. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Ladezonen, parken KEP Dienstleister in der Folge häufig in zweiter Reihe oder auf dem Bürgersteig, was zu „erheblichen Einschränkungen des fließenden Verkehrs und andere Verkehrsteilnehmer sowie zu einer erhöhten Unfallgefahr führen kann“ (Ninnemann et al. 2017).

Auf Basis der durchschnittlichen Emissionsdaten aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) ermittelten die Autorinnen und Autoren der Studie des Weiteren die jährlichen direkten Emissionen innerhalb eines Zustellungsbereiches in der Hamburger Innenstadt durch konventionelle Lieferfahrzeuge (Diesel-Fahrzeug mit maximal 7,5 t Gesamtgewicht). Bei 250 Verkehrstagen im Jahr emittieren konventionelle KEP Lieferfahrzeuge in einem Zustellungsgebiet zwischen 6,3-7,4 t CO₂, 21,3-25,2 t Stickoxide (NO_x) und 0,3-0,4 t Feinstaub (PM₁₀) Emissionen. Im Lieferkonzept, welches die Nutzung von Lastenrädern,

Sackkarren und Cargo-Cruisern für die Zustellung auf der letzten Meile ausgehend von Micro-Hubs einschließt, zeigen sich potentielle Emissionseinsparungen von mindestens 50 % für CO₂, NO_x und PM₁₀ (Tabelle 4) (Ninnemann et al. 2017).

Tabelle 4: Jahresemissionsvergleich der beiden Szenarien für den untersuchten Zustellbereich in der Hamburger Innenstadt

Emission	Konventionelles Diesel-Lieferfahrzeug	Micro-Hub (Modell)
Kohlendioxid (CO ₂)	6,25 - 7,39 t	2,84 t
Stickoxid (NO _x)	21,29 - 25,16 kg	9,68 kg
Feinstaub (PM ₁₀)	0,31 - 0,37 kg	0,14 kg

Im Szenario „Konventionelles Diesel-Lieferfahrzeug“ wurden folgende Emissionsfaktoren angenommen: Kohlendioxid (CO₂): 101 g/tkm, Stickoxid (NO_x): 0,344 g/tkm, Feinstaub (PM₁₀): 0,005 g/tkm. Die Verkehrsleistung im Szenario „Konventionelles Diesel-Lieferfahrzeug“ wurde mit 61.875 - 71.125 tkm angenommen, im Szenario „Micro-Hub-Modell“ mit 28.125 tkm.

Quelle: (Ninnemann et al. 2017)

Insbesondere in Städten, die die Grenzwerte der EU für Schadstoff- und Lärmemissionen – die auf den Schutz der Gesundheit abzielen – einhalten müssen⁶, stellt ein zusätzliches Verkehrsaufkommen durch KEP Dienstleister folglich ein Problem dar.

2.2.2.3 Umweltwirkungen in Lagern und Distributionszentren

Den Umweltwirkungen „beim Onlinehändler“ bzw. in den Warenverteilzentren der beteiligten Logistiker wird eine untergeordnete Rolle zugesprochen (Mangiaracina et al. 2015; Oláh et al. 2019). Eine konkrete Quantifizierung des Beitrags zu den CO_{2e}-Emissionen des Onlinehandels findet sich jedoch nur vereinzelt. Im Vergleich zum stationären Handel werden hier von Edwards et al. (2010; 2011) Emissionen gesehen, die um einen Faktor 16 geringer sind als im stationären Handel. Anhand der Untersuchung von van Loon et al. (2015) lassen sich die entsprechenden CO_{2e}-Emissionen auf rund 40 bis 120 g beziffern. Eine eigene Berechnung auf Basis von Nachhaltigkeits- und Geschäftsberichten von Onlinehändlern (Zalando 2019; Otto Group 2019; Tchibo 2016) hat CO_{2e}-Emissionen von rund 20 bis 80 g beim Kauf eines Produkts im Wert von 50 Euro ergeben.

Beides entspricht (beim Vergleich mit den in Abschnitt 2.2.1 genannten Emissionen des stationären Handels) zum einen in etwa dem in der Literatur benannten Faktor von 16, zum anderen bestätigt dies die geringe relative Relevanz der Prozesse in Lagern und Distributionszentren.

2.2.2.4 Umweltwirkungen der IT-Infrastruktur

Der Onlinehandel greift auf die vorhandene Infrastruktur der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) zurück. Ohne diese Infrastruktur könnte der Onlinehandel nicht stattfinden. Aus der Nutzung dieser Infrastruktur resultieren Umweltwirkungen.

Konkret zu benennen sind Produktion und Materialverbrauch, Energieverbrauch während der Nutzung und die Verwertung am Lebensende des Endgeräts, von dem aus der Kauf getätigt wird

⁶ Grundlage bildet die EU-Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa, die Grenzwerte für Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Feinstaub (PM₁₀), Schwefeldioxid, Benzol, Kohlenmonoxid und Blei sowie für die noch kleineren PM_{2,5}-Feinstäube festlegt.

(wie bspw. Computer, Smartphone, Tablet und ähnliche Endgeräte) sowie der Geräte, die die Nutzung des Internets gewährleisten, also (WLAN-)Router, Rechenzentren, Datenleitungen, Stromnetz, Server, Kabelanschlüsse und Empfangsstationen sowie der IT-Infrastruktur beim Onlinehändler (Behrendt et al. 2003; Abukhader und Jonson 2004; Stobbe et al. 2015).

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Bewertung von IT-Dienstleistungen (wie hier bei der Online-Bestellung von Produkten) in Bezug auf resultierende Emissionen methodisch nicht trivial (siehe bspw. Gombiner 2011; Mayers et al. 2015) und aufgrund der verfügbaren Vorarbeiten nur eingeschränkt möglich ist (Hagemann 2015; Kahlenborn et al. 2018; Coroama et al. 2015). In Bezug auf den Onlinehandel besteht u. a. die Frage, welche Schritte des Phasenablaufs des Onlinekaufs miteinbezogen werden. Im idealtypischen Phasenablauf für den Onlinekonsum nach Kahlenborn et al. (2019) werden sieben Phasen unterschieden:

1. Problemerkennung,
2. Informationssuche,
3. Alternativenbewertung,
4. Kaufentscheidung,
5. Bezahlvorgang,
6. Verfügbarmachung
7. und schließlich die Nutzung beziehungsweise der Verzehr.

Zumindest die Schritte zwei bis fünf betreffen die IT-Infrastruktur im Onlinehandel. Jedoch ist die tatsächliche Abgrenzung und Bemessung des Umfangs insbesondere der Schritte der Informationssuche und Alternativenbewertung methodisch und inhaltlich schwierig. In der Literatur finden sich bislang nur wenige Betrachtungen speziell der IT-seitigen Umweltwirkungen des Onlinehandels.

Mottschall (2015) beziffert die CO_{2e}-Emissionen des Online-Bestellvorgangs (Stromverbrauch Server) beim Schuhkauf auf 60 g, wobei hier die Methodik (Systemgrenzen, getroffene Annahmen) nicht weiter transparent gemacht ist. Van Loon et al. (2015) beziffern die Umweltwirkungen auf 5-10 g. Hier wird angenommen, dass ein Onlineeinkauf zwischen 15 und 30 Minuten dauert; berücksichtigt werden der Stromverbrauch des Endgeräts sowie der weiteren IT-Infrastruktur. Neben diesen Quellen, welche sich konkret auf den Onlinekauf beziehen aber auch deutlich voneinander abweichen, können zur Einordnung auch CO₂-Fußabdrücke anderer Internetleistungen zur Einordnung herangezogen werden:

- ▶ Die CO_{2e}-Emissionen des Versands einer Email werden auf 4 g bis 50 g (je nach Größe eventueller Anhänge; ca. 20 g bei 1 MB Emailgröße) geschätzt (ScienceFocus 2020; Carbon Literacy Project 2018)
- ▶ Die mit einer Google-Suchabfrage verbundenen CO_{2e}-Emissionen werden von Google selbst mit 0,2 g beziffert, während andere Quellen hier von 7 g ausgehen (Google 2009; Gombiner 2011).
- ▶ Download-Aktivitäten werden mit 0,46 bis 1,46 kWh/GB beziffert (Mayers et al. 2015; Coroama et al. 2013 sowie Coroama et al. 2015 machen vergleichbare Angaben), was im deutschen Strommix (Emissionsfaktoren aus Icha 2019) CO_{2e}-Emissionen in Höhe von 0,2 bis 0,7 g pro Megabyte entspräche. Laut Peteranderl (2019) werden bei 12 Seitenaufrufen bei amazon.com 87,33 MB heruntergeladen. Dies entspräche 20 bis 60 g CO_{2e} bzw. für einen einzelnen Aufruf 1,6 bis 5 g CO_{2e}.
- ▶ Die CO₂-Emissionen der produktbezogenen Informationssuche können auf Basis von Zahlen von Weideli (2013) auf rund 25 g für eine halbstündige Suche beziffert werden.

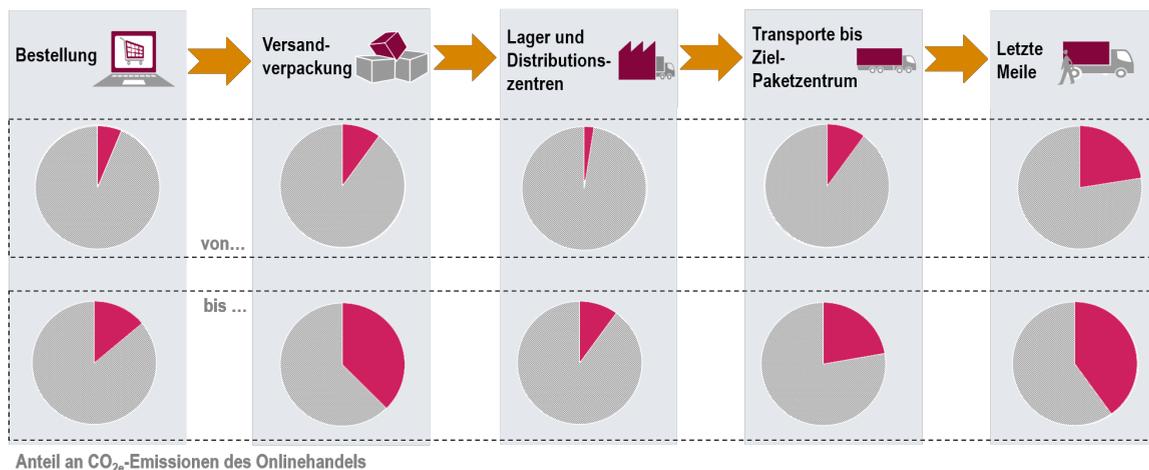
2.2.2.5 Umweltwirkungen der Versandverpackung

Im Onlinehandel werden zusätzlich zur Produktverpackung in den allermeisten Fällen zusätzliche Versandverpackungen eingesetzt. Diese (im Vergleich zum stationären Handel zusätzlichen) Verpackungen werden nur vereinzelt in Studien zu den ökologischen Wirkungen des Onlinehandels (explizit) mitbetrachtet. Weber et al. (2018) quantifiziert den Anteil der Versandverpackung an den Umweltwirkungen des Onlinekaufs eines Elektronikproduktes auf 22 %; van Loon et al. (2015) beziffern den Anteil auf – je nach konkretem Fall – 4,1 bis 26 %. Die absoluten CO₂-Emissionen der Herstellung der verschiedenen im Onlinehandel eingesetzten Verpackungen weisen ebenso eine große Spannbreite auf und reichen von rund 20 g CO₂ (kleine Faltschachtel, 2,4 Liter Füllvolumen) bis rund 900 g (großer Karton, 128 L Füllvolumen)⁷. Insgesamt kann der Versandverpackung in Bezug auf die Umweltwirkungen des Onlinehandels also durchaus eine relevante Rolle zukommen.

2.2.2.6 Zusammensetzung der Umweltwirkungen im Onlinehandel

Auf Basis der vorstehenden Ausführungen und Analysen lässt sich die Zusammensetzung der Umweltwirkungen des Onlinehandels wie in folgender Abbildung dargestellt veranschaulichen.

Abbildung 11: Zusammensetzung der Umweltwirkungen im Onlinehandel



Quelle: eigene Darstellung von Ökopool auf Basis der Betrachtungen der Abschnitte 2.2.2.1 bis 2.2.2.5.

Die wesentlichen ökologischen Hotspots des Onlinehandels liegen also im Transport – hier insbesondere in der letzten Meile – sowie bei der Versandverpackung. Es ist hierbei jedoch zu berücksichtigen, dass sich der konkrete Einzelfall auch anders darstellen kann. Wird beispielsweise auf eine zusätzliche Versandverpackung verzichtet und die Zustellung auf der letzten Meile erfolgt zu einer Packstation, reduziert sich der Anteil an diesen Stellen, während die anderen Elemente relativ an Bedeutung gewinnen.

Eine vertiefende Betrachtung der Zusammensetzung der Umweltwirkungen im Onlinehandel mit Unterscheidung verschiedener Geschäftsmodelle findet sich bei van Loon et al. (2015), die ebenfalls die möglichen Schwankungen bezüglich der ökologischen Hotspots im Onlinehandel verdeutlicht.

⁷ Basierend auf Ergebnissen der vertiefenden Betrachtung von Versandverpackungen im Projekt, welche nicht Gegenstand dieses Teilberichts ist.

Tabelle 5: Zusammensetzung der Umweltwirkungen des Onlinehandels nach van Loon et al. (2015)

Abschnitt des Onlinekaufs	PP1	PP2	PP3	B&C1	B&C2	D2C1
Bestellung	0,2 %	0,7 %	1,1 %	0,2 %	0,2 %	0,4 %
Versandverpackung	4,1 %	23,7 %	25,6 %	4,9 %	4,4 %	12,8 %
Lager und Distributionszentrum	22,8 %	13,6 %	2,2 %	39,7 %	35,1 %	30,0 %
Transporte bis Ziel Paketzentrum	29,9 %	10,3 %	4,2 %	48 %	41,4 %	12,7 %
Letzte Meile	42,9 %	51,6 %	66,8 %	8,1 %	18,9 %	44,1 %

PP1: Centralised pure player with van delivery

PP2: Centralised pure player through parcel delivery network

PP3: Drop-shipping from supplier through parcel delivery network

B&C1: Van delivery from local shops

B&C2: Click & collect in local stores

D2C1: Bypass retailer and use parcel delivery network

Zwar unterscheiden sich die Angaben von van Loon et al. (2015) in einigen Aspekten von der Darstellung in Abbildung 11 – so wird der letzten Meile, Lager und Distributionszentrum sowie den vorgelagerten Transporten in einigen Fällen ein größerer Anteil zugesprochen – grundsätzlich werden aber die hohe Relevanz der letzten Meile und der potentielle Beitrag der Versandverpackung auch durch die Betrachtungen von van Loon et al. (2015) bestätigt.

2.3 Weitere Effekte des Onlinehandels

Neben den zuvor beschriebenen direkten ökologischen Effekten, die sich aus den unmittelbar mit dem Onlinehandel verbundenen Prozessen ergeben, ist der Onlinehandel mit weiteren ökologischen Effekten verbunden.

2.3.1 Indirekte Effekte des Onlinehandels

In verschiedenen Studien wird der Effekt beschrieben, dass es im Onlinehandel zu einer Fragmentierung von Einkäufen kommen kann, was zusätzliche Logistik- und Transportprozesse nach sich zieht. Während – so die verbreitete Hypothese – beim Kauf im stationären Handel der „Wegaufwand“ eher zum Anlass genommen wird, mehr Produkte einzukaufen, kann der niedrigschwellige Onlinekauf zum vereinzelt Erwerb von Produkten führen. Hierdurch ergibt sich eine Erhöhung der Umweltwirkungen pro Produktkauf (Edwards et al. 2011; Edwards et al. 2010; Potter et al. 2011; Halldórsson et al. 2010). Insbesondere bei Lebensmitteln werden laut Edwards et al. (2011; 2010) im Onlinehandel teilweise kleinere Mengen bestellt, als im stationären Handel gekauft würden.

Grundsätzlich kann Onlinehandel zwar weniger effiziente PKW Fahrten in den stationären Handel ersetzen; der Hypothese, der Online-Handel führe (in jedem Fall) zu einer Reduktion der Anzahl individueller Fahrten und der gesamt zurückgelegten Strecke für Einkaufstrips auf Seiten der Konsumentinnen und Konsumenten, setzen die Autoren Weltevreden und Mindali (2008) jedoch folgende Punkte entgegen:

- Ein Online-Kauf, der einen Kauf im stationären Handel ersetzt, führt nicht automatisch zu weniger Einkaufsfahrten, da Einkaufsfahrten gegebenenfalls mit anderen Aktivitäten

verbunden werden, wie dem Besuch eines Einkaufszentrums auf dem Weg zur oder von der Arbeit. Zudem besitzt das Einkaufen im stationären Handel auch eine soziale Komponente (z. B. Treffen von Freundinnen und Freunden)⁸.

- Das steigende Angebot im Online-Handel und die wachsende Online-Präsenz bisher nur stationär agierender Händler, kann auch dazu führen, dass Konsumentinnen und Konsumenten online auf Produkte und Händler stoßen, die sie zuvor nicht kannten und für die online neue Begehren geweckt werden. Somit kann der Online-Handel auch dazu führen, dass mehr Einkaufstrips zum stationären Handel getätigt werden um die online entdeckten Produkte und Händler aufzusuchen.

Welche konkrete Relevanz diese Aspekte tatsächlich haben, ist allerdings bislang nicht systematisch und empirisch untersucht worden.

2.3.2 Rebound-Effekte

Konsum im Onlinehandel ist – im Vergleich mit dem Einkauf im stationären Handel – oftmals mit einer Ersparnis an Zeit und – gegebenenfalls – an Geld verbunden. Je nach „Verwendung“ der gesparten Zeit (und ggf. des Geldes) können aus der unternommenen Aktivität Umweltwirkungen resultieren, die als Rebound-Effekt bezeichnet werden. Zwar liegen bislang keine vertiefenden Untersuchungen bezüglich solcher Rebound-Effekte vor, es soll im Folgenden aber dennoch auf die grundsätzlich möglichen Rebound-Mechanismen und deren potentielle ökologische Folgen eingegangen werden.

Der Begriff der Rebound-Effekte umfasst mögliche Verhaltensänderungen aufgrund von (meist Energie-)Effizienzmaßnahmen⁹ (Dämmung von Gebäuden, effizientere Heizung, effizientere Beleuchtung, sparsamere Fahrzeuge etc.). Hierbei wird unterschieden zwischen direkten und indirekten Rebound-Effekten. Direkte Rebound-Effekte beziehen sich auf eine gesteigerte Nachfrage nach den – jetzt günstiger verfügbaren – energieverbrauchsrelevanten Leistungen (wie Heizung, Beleuchtung, Transport per Kraftfahrzeug). Durch diese direkten Rebound-Effekte kann der potentielle Umweltnutzen durch Effizienzmaßnahmen deutlich reduziert werden (Chitnis et al. 2013).

Demgegenüber umfassen indirekte Rebound-Effekte einen gesteigerten Konsum anderer Güter oder Dienstleistungen in Folge von Effizienzmaßnahmen, die wiederum mit Umweltwirkungen verbunden sind (beispielsweise die Nutzung von Ersparnissen an Heizkosten durch Dämmmaßnahmen, zum Kauf von anderen Produkten, zu Urlaubsreisen o. ä.) (Chitnis et al. 2013).

Beim Konsum im Onlinehandel handelt es sich zwar nicht um eine Effizienzmaßnahme wie sie typischerweise bei Diskussionen über Rebound-Effekte vorliegt (auch wenn der Stand der Forschung dem Onlinehandel in den meisten Fällen eine ökologische Vorteilhaftigkeit bescheinigt). Durch die Ersparnis an Zeit und ggf. Geld durch den Online-Konsum, kann es aber in der Folge zu Konsumententscheidungen vergleichbar mit „klassischen“ indirekten Rebound-Effekten kommen. Daher kann eine Betrachtung entsprechender Effekte auch für den Onlinehandel grundsätzlich Sinn machen. Erste Untersuchungen zu entsprechenden Reboundeffekten von Onlinekäufen wurden von Frick und Matthies (2020) durchgeführt. Hier

⁸ Hier sind neben den von Weltevreden und Mindali 2008 genannten Effekten, weitere zu nennen wie sozialer Kontakt beim Kauf im stationären Handel; Verknüpfung mit Freizeitbeschäftigungen wie „Bummeln“; Kombination mit Gastronomiebesuchen.

⁹ Entsprechende Effekte können auch bei energiebezogenen Suffizienzmaßnahmen auftreten, wie einer Reduzierung der Raumtemperatur oder dem Licht-Ausschalten in nicht-genutzten Räumen.

wurde gezeigt, dass – je nach Konsumbereich und persönlichen Vorlieben – Reboundeffekte (zusätzliche Käufe) durchaus beobachtbar sind.

Aus dem Stand der Forschung zu „klassischen“ Rebound-Effekten lassen sich zudem folgende allgemeine Schlussfolgerungen ziehen:

- ▶ Die negativen Umweltfolgen durch zusätzlichen Konsum in Folge von Geldersparnis an anderer Stelle können erheblich sein – insbesondere wenn besonders energieintensive Leistungen (Flugreisen etc.) oder CO_{2e}-intensive Produkte (bestimmte Lebensmittel) konsumiert werden (Chitnis et al. 2013, 2014).
- ▶ Die Forschung zum „klassischen“ Rebound-Effekt zeigt, dass Konsum an anderer Stelle durch Geldersparnis in Folge von Effizienzmaßnahmen in den meisten Fällen zumindest den Umwelteffekt durch die Effizienzmaßnahme relevant reduzieren kann (Chitnis et al. 2012; Chitnis et al. 2013, 2014). Auch wenn das Geld (auf dem Bankkonto) gespart und nicht ausgegeben wird, resultieren hieraus negative Umweltwirkungen (Druckman et al. 2010). Lediglich im Falle „grüner Investitionen“ bewegen sich eventuelle zusätzliche CO_{2e}-Emissionen nahe „null“ bzw. können theoretisch auch negativ werden (bspw. das gesparte Geld wird verwendet um Bäume zu pflanzen) (Druckman et al. 2010). Eine konkrete Bezifferung möglicher CO_{2e}-Emissionen, die aus dem Ausgeben von einem englischen Pfund für verschiedene Produkte resultieren finden sich bei Berners-Lee (2010): Während demnach eine Spende für ein Projekt zur Bewahrung des Regenwaldes (minus 330 kg) oder die Installation von Solaranlagen (minus 3 kg) noch dazu beitragen Emissionen zu reduzieren, ergeben sich aus anderen Aktivitäten wie der Inanspruchnahme von Finanzdienstleistungen (160 g), einem durchschnittlichen Supermarkteinkauf (930 g), Tanken (1,7 kg) oder einem Billigflug (10 kg) zusätzliche Emissionen.
- ▶ Bei der „Verwendung“ der Zeitersparnis hängt das Auftreten negativer Umweltwirkungen von der Art der Aktivität ab (Chitnis et al. 2012; Chitnis et al. 2013, 2014; Fichter 2003). Es bestehen Aktivitäten mit keinen oder geringen zusätzlichen CO_{2e}-Emissionen (Ausruhen, Joggen/Spazieren gehen etc.) und Aktivitäten mit hohen zusätzlichen CO_{2e}-Emissionen (Fahren mit PKW, zusätzlicher Konsum etc.). Grundsätzlich haben die vorstehenden Ausführungen hier ebenfalls Gültigkeit.

2.4 Zusammenfassung und Einordnung in den Studienkontext

In Bezug auf den Lebensweg von Produkten tragen Distribution und Handel in vielen Fällen mit einem Anteil von 1-10 % zu den CO₂-Emissionen bei. Es dominieren hier die Produktherstellung und – je nach Produkt – die Produktnutzung.

Beim Vergleich von Onlinehandel und stationärem Einzelhandel, der hier zwecks Ableitung erster Erkenntnisse bezüglich der Ökologisierung des Onlinehandels durchgeführt wurde, zeigt sich – bezogen auf die resultierenden Emissionen von CO₂-Äquivalenten – in vielen Fällen eine ökologische Vorteilhaftigkeit des Kaufs im Onlinehandel. Der Onlinehandel weist im Vergleich zum stationären Handel häufig effizientere Prozesse in Lagerung (Lager gegenüber Ladengeschäft) und Transport auf. Im stationären Handel wird die ökologische Performance insbesondere durch die Wahl der Verkehrsmittel, die Größe (und den Umsatz) des Ladengeschäfts und die Distanzen zum Handel sowie die mögliche Bündelung von Einkäufen bestimmt.

Die ökologischen Wirkungen des Onlinehandels setzen sich zusammen aus den Bestandteilen Bestellung (IKT-seitige Umweltwirkungen), Versandverpackungen, Lagerung und Distributionszentren, Transporte bis zum Zielpaketzentrum und Transporte auf der letzten

Meile sowie ggf. Rücktransport von Retouren und Retourenverarbeitung. Die Beiträge dieser einzelnen Bestandteile variieren je nach konkretem Fall. In den meisten Fällen dominiert jedoch die letzte Meile, gefolgt von den sonstigen Transporten und der Versandverpackung. Lager und Distributionszentren sowie Bestellung tragen in den meisten Fällen nur einen geringen Teil zu den Gesamtemissionen des Onlinekaufs bei.

Die Betrachtung des Produktlebenswegs, welche die relative Bedeutung der Produktherstellung aufgezeigt hat, macht deutlich, dass eventueller zusätzlicher Konsum durch Onlinehandel auch abseits der benannten Prozesse des Onlinehandels zu relevanten Umweltwirkungen führen kann. Ebenso wird hierdurch deutlich, dass sich relevante Umweltwirkungen aus der Retournierung von Waren und deren eventueller Entsorgung ergeben können.

Die Elemente des Konsumzyklus, die im weiteren Verlauf der Studie vertiefend betrachtet werden, adressieren sowohl die Bereiche die maßgeblich für die direkten Umweltwirkungen des Onlinehandels sind, als auch die genannten indirekten Effekte.

Erste Handlungsansätze, die zur Ökologisierung des Onlinehandels beitragen können, die bereits identifiziert und wurden und im weiteren Verlauf der Studie vertiefend betrachtet werden, sind:

- ▶ Im Bereich Versandverpackungen:
 - Die Optimierung von Einwegverpackungen.
 - Der Einsatz von Mehrwegversandverpackungen.
 - Der Versand in Produktverpackungen, d. h. der Verzicht auf zusätzliche Versandverpackungen.
- ▶ Bei der Zustellung auf der letzten Meile:
 - Die Ökologisierung des Fuhrparks, bspw. durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen.
 - Die (gebündelte) Zustellung zu alternativen Zustellorten („Pick-up-Points“ wie Packstationen etc.).
 - Der Ausbau alternativer Lieferkonzepte (Micro-Hubs + E-Lastenräder u. ä.).
- ▶ Die Optimierung der Retourensituation:
 - Reduzierung von Retouren, bspw. durch verbesserte Produktinformation.
 - Optimiertes Retourenmanagement und Verzicht auf Retourenvernichtung (Spenden, Verkauf als B-Ware, ...)

3 Quellenverzeichnis

- Abukhader, Sajed M.; Jonson, Gunilla (2004): E-commerce and the environment: a gateway to the renewal of greening supply chains. In: *IJTM* 28 (2), S. 274. DOI: 10.1504/IJTM.2004.005066.
- Behrendt, Siegfried; Jonuschat, Helga; Heinze, Michael; Fichter, Klaus (2003): Literaturstudie zu den ökologischen Folgen des E-Commerce. Hg. v. IZT, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung. Berlin (Werkstattbericht / IZT, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, 51). Online verfügbar unter https://www.izt.de/pdfs/IZT_WB51_Literaturstudie_oekologische_Folgen_E-Commerce.pdf, zuletzt geprüft am 24.04.2020.
- Berners-Lee, Mike (2010): *How bad are bananas? The carbon footprint of everything*. London: Profile Books.
- BEVH (2019a): *Interaktiver Handel in Deutschland. Ergebnisse 2018*. Hg. v. Bundesverband E-Commerce und Versandhandel Deutschland e.V. (bevh).
- BEVH (2019b): Vortrag auf dem ersten Hamburger Handelskongress. Unter Mitarbeit von Christoph Wenk-Fischer. BEVH.
- BEVH (2020): *Corona-Barometer. Die Lage des E-Commerce in Zahlen*. Hg. v. Bundesverband E-Commerce und Versandhandel Deutschland e.V. (bevh). Online verfügbar unter <https://www.bevh.org/corona/corona-barometer.html>, zuletzt aktualisiert am 18.08.2020, zuletzt geprüft am 18.08.2020.
- Browne, Michael; Rizet, Christophe; Anderson, Stephen; Allen, Julian; Keïta, Basile (2005): Life Cycle Assessment in the Supply Chain: A Review and Case Study. In: *Transport Reviews* 25 (6), S. 761–782. DOI: 10.1080/01441640500360993.
- BTE Handelsverband Textil (2020): *Zahlen und Daten. Betriebliche Kennziffern für den mittelständischen Bekleidungsfachhandel 2018*. Online verfügbar unter <https://www.bte.de/zahlen-und-daten/>, zuletzt aktualisiert am 13.10.2020, zuletzt geprüft am 13.10.2020.
- C&A (2019): *Nachhaltigkeitsbericht 2018. Nachhaltige Mode als Selbstverständlichkeit*, zuletzt geprüft am 17.01.2020.
- Cairns, Sally; Sloman, Lynn; Newson, Carey; Anable, Jillian; Kirkbride, Alistair; Goodwin, Phil (2004): *Smarter choices-changing the way we travel*.
- Carbon Literacy Project (2018): *The Carbon Cost of an Email*. Online verfügbar unter <https://carbonliteracy.com/the-carbon-cost-of-an-email/>, zuletzt geprüft am 21.01.2020.
- Cartwright, Jane; Cheng, Jean; Hagan, Julia; Murphy, Christina; Stern, Nicole; Williams, Jonathan (2011): *Assessing the Environmental Impacts of Industrial Laundering. Life cycle assessment of polyester/cotton shirts*. Thesis. University of California, Santa Barbara, Santa Barbara. Donald Bren School of Environmental Science and Management, zuletzt geprüft am 21.01.2020.
- CECONOMY (2019a): *Geschäftsbericht 2017/18*. Düsseldorf, zuletzt geprüft am 17.01.2020.
- CECONOMY (2019b): *Gesonderter nichtfinanzieller Konzernbericht. Geschäftsbericht 2017/2018*. Düsseldorf, zuletzt geprüft am 17.01.2020.
- Chitnis, Mona; Sorrell, Steve; Druckman, Angela; Firth, S. K.; Jackson, Tim (2012): Estimating direct and indirect rebound effects for UK households. In: *Sustainable Lifestyles Research Group: Working Paper*, S. 1–12.
- Chitnis, Mona; Sorrell, Steve; Druckman, Angela; Firth, Steven K.; Jackson, Tim (2013): Turning lights into flights: Estimating direct and indirect rebound effects for UK households. In: *Energy Policy* 55, S. 234–250. DOI: 10.1016/j.enpol.2012.12.008.

- Chitnis, Mona; Sorrell, Steve; Druckman, Angela; Firth, Steven K.; Jackson, Tim (2014): Who rebounds most? Estimating direct and indirect rebound effects for different UK socioeconomic groups. In: *Ecological Economics* 106, S. 12–32. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2014.07.003.
- Ciroth, Andreas; Franze, Juliane (2011): LCA of an ecolabeled notebook - consideration of social and environmental. Berlin: Lulu Com, zuletzt geprüft am 06.01.2020.
- Coroama, Vlad C.; Hilty, Lorenz M.; Heiri, Ernst; Horn, Frank M. (2013): The Direct Energy Demand of Internet Data Flows. In: *Journal of industrial ecology* 27 (13), n/a-n/a. DOI: 10.1111/jiec.12048.
- Coroama, Vlad C.; Schien, Daniel; Preist, Chris; Hilty, Lorenz M. (2015): 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), S. 137–155.
- DCTI (2015): Klimafreundlich einkaufen - Eine vergleichende Betrachtung von Onlinehandel und stationärem Einzelhandel. Hg. v. Deutsches Clean Tech Institut (DCTI).
- Destatis (2008): Statistiken zum Umsatz im Groß- und Einzelhandel. Hg. v. Statistisches Bundesamt (Destatis).
- Detzel, Andreas (2014): Überlegungen zur Ökobilanzierung von Tragetaschen. ifeu Institut. Heidelberg. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/dokumente/08_detzel_ifeu_vortrag_dialogveranstaltung_einweg-tragetaschen.pdf, zuletzt geprüft am 20.11.2020.
- Ding, Peter; Evans, Simon; Hong, Chong; Lin, Yu-Cheng; Norring, Alex (o.J.): *Life Cycle Analysis: E-reader and Printed Books*.
- Dowd-Hinkle, Dealva Jade (2012): *Kindle vs. Printed Book An Environmental Analysis*.
- Druckman, Angela; Chitnis, Mona; Sorrell, Steve; Jackson, Tim (2010): An investigation into the rebound and backfire effects from abatement actions by UK households. In: *Guildford: University of Surrey (RESOLVE Working Paper, 05-10)*.
- Edwards, Julia; McKinnon, Alan; Cullinane, Sharon (2011): Comparative carbon auditing of conventional and online retail supply chains: a review of methodological issues. In: *Supp Chain Mngmnt* 16 (1), S. 57–63. DOI: 10.1108/135985411111103502.
- Edwards, Julia B.; McKinnon, Alan C.; Cullinane, Sharon L. (2010): Comparative analysis of the carbon footprints of conventional and online retailing. In: *Int Jnl Phys Dist & Log Manage* 40 (1/2), S. 103–123. DOI: 10.1108/09600031011018055.
- EY; WI (2020): Zwischenbilanz COVID-19: Umweltpolitik und Digitalisierung. Unter Mitarbeit von Thomas Losse-Müller, Nadja Gläser, Felix Czernin, Stephan Ramesohl, Holger Berg und Julian Lauten-Weiss. Ernst & Young Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (EY); Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH.
- Fichter, Klaus (2003): E-Commerce. Sorting Out the Environmental Consequences. In: *Journal of industrial ecology* 6 (2).
- Foley, Paul; Alfonso, Ximena; Brown, Karl; Palmer, Andrew; Lynch, Dennis; Jackson, Mick (2003): The home delivery sector in the UK 1995 to 2010. In: *Report to the Department for Transport, De Monfort University, FTA & Associates, Leicester*.
- Frankel, Jeffrey A. (2009): *Environmental effects of international trade*. Stockholm: Globalisation Council (Expert report to Sweden's Globalisation Council, 31), zuletzt geprüft am 21.01.2020.
- Frick, Vivian; Matthies, Ellen (2020): Everything is just a click away. Online shopping efficiency and consumption levels in three consumption domains. In: *Sustainable Production and Consumption* 23, S. 212–223. DOI: 10.1016/j.spc.2020.05.002.

- Frosta (2012): CO₂-Fußabdruck Hähnchen Geschnetzeltes. Bremerhaven, zuletzt geprüft am 10.01.2020.
- Gombiner, Joel (2011): Carbon footprinting the internet. In: *Consilience* (5), S. 119–124.
- Google (2009): Powering a Google search. Online verfügbar unter <https://googleblog.blogspot.com/2009/01/powering-google-search.html>, zuletzt aktualisiert am 19.05.2019, zuletzt geprüft am 27.01.2020.
- H&M (2020a): Annual Report 2019. Stockholm.
- H&M (2020b): Sustainability Performance Report 2019. Online verfügbar unter <https://sustainabilityreport.hmgroupp.com/wp-content/uploads/2020/04/HM-Group-Sustainability-Performance-Report-2019.pdf>, zuletzt geprüft am 29.05.2020.
- Hagemann, Helmut (2015): Umweltrelevante Produktinformationen im E-Commerce – Chancen für nachhaltigen Konsum. UBA-Texte 91/2015. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau, zuletzt geprüft am 28.01.2020.
- Halldórsson, Árni; Kovács, Gyöngyi; Edwards, Julia B.; McKinnon, Alan C.; Cullinane, Sharon L. (2010): Comparative analysis of the carbon footprints of conventional and online retailing. In: *Int Jnl Phys Dist & Log Manage.*
- Hatae, Yukihiro; Hansuebsai, Aran (2016): Carbon Footprint Reduction of Printed Books by the Improvement of Overall Equipment Effectiveness. In: *Journal of Printing Science and Technology* 53 (6), S. 482–489.
- HDE (2019): Online Monitor 2019. Hg. v. Handelsverband Deutschland (HDE).
- HDE (2020): Begriffsdefinitionen E-Commerce. Online verfügbar unter <https://einzelhandel.de/onlinebegriffe>, zuletzt aktualisiert am 09.04.2020, zuletzt geprüft am 09.04.2020.
- Henning, Alexander (2020): Einzelhandel. Hg. v. Gabler Wirtschaftslexikon. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/einzelhandel-33555>, zuletzt aktualisiert am 10.03.2020, zuletzt geprüft am 10.03.2020.
- Heshmati, Sam; Verstichel, Jannes; Esprit, Eline; Vanden Berghe, Greet (2019): Alternative e-commerce delivery policies. In: *EURO J Transp Logist* 8 (3), S. 217–248. DOI: 10.1007/s13676-018-0120-4.
- Hischier, Roland; Baudin, Isabelle (2010): LCA study of a plasma television device. In: *Int J Life Cycle Assess* 15 (5), S. 428–438. DOI: 10.1007/s11367-010-0169-2.
- HP (2018): Product Carbon Footprint. HP EliteDesk 705 G4 Microtower Business PC, zuletzt geprüft am 16.01.2020.
- HP (2019): Product Carbon Footprint. HP 245 G7 Notebook PC, zuletzt geprüft am 10.01.2020.
- Icha, Petra (2019): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2018. Hg. v. Umweltbundesamt, zuletzt geprüft am 27.01.2020.
- Ingwersen, Wesley W. (2012): Life cycle assessment of fresh pineapple from Costa Rica. In: *Journal of Cleaner Production* 35, S. 152–163. DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.05.035.
- Jandrikovic, Mario; Mandl, Doris; Kapusta, Friedrich (2012): Energiekennzahlen in Dienstleistungsgebäuden. Kennzahlen zum Energieverbrauch, die relevantesten Einsparpotenziale und Hauptverbraucher in ausgewählten Branchen. Hg. v. Energieinstitut der Wirtschaft GmbH. Wien. Online verfügbar unter https://www.energieinstitut.net/de/system/files/0903_final_dienstleistungsgebäude_20120530.pdf, zuletzt geprüft am 13.10.2020.
- Kahlenborn; Walter; Keppner; Benno; Uhle; Christian et al. (2018): Die Zukunft im Blick: Konsum 4.0: Wie Digitalisierung den Konsum verändert. Trendbericht zur Abschätzung der Umweltwirkungen. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau, zuletzt geprüft am 28.01.2020.

- KBA (2018): Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge (VD). Gesamtverkehr. Hg. v. Kraftfahrt-Bundesamt. Flensburg, zuletzt geprüft am 18.02.2020.
- KBA (2020): CO₂-Emissions- und Kraftstoffverbrauchs-Typprüfwerte von Kraftfahrzeugen zur Personenbeförderung mit höchstens neun Sitzplätzen und Wohnmobilen. Flensburg. Online verfügbar unter https://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Fahrzeugtechnik/SV/sv222_m1_kraft_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=6, zuletzt geprüft am 13.10.2020.
- Kolvik, Monika (2014): A comparative Life Cycle Assessment between conventional and electronic books: Høgskolen i Molde-Vitenskapelig høgskole i logistikk.
- Makhatarian, L. Patricia (2004): A conceptual analysis of the transportation impacts of B2C e-commerce. In: *Transportation* 31, S. 257–284.
- Mangiaracina, Riccardo; Marchet, Gino; Perotti, Sara; Tumino, Angela (2015): A review of the environmental implications of B2C e-commerce: a logistics perspective. In: *Int Jnl Phys Dist & Log Manage* 45 (6), S. 565–591. DOI: 10.1108/IJPDLM-06-2014-0133.
- Maslennikova, Anna; Shin, Ji-Yeon; Wang, Andrew (2008): Textbooks on Paper or E-Reader: A Comparative Life Cycle Assessment.
- 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.
- McKinsey (2020): The great consumer shift: Ten charts that show how US shopping behavior is changing. Unter Mitarbeit von Tamara Charm, Becca Coggins, Kelsey Robinson und Jamie Wilkie, zuletzt geprüft am 06.08.2020.
- Mokhtarian, Patricia L. (2004): A conceptual analysis of the transportation impacts of B2C e-commerce. In: *Transportation* 31 (3), S. 257–284. DOI: 10.1023/B:PORT.0000025428.64128.d3.
- Mottschall, Moritz (2015): Online shoppen oder beim lokalen Händler? Hg. v. Öko-Institut e.V. (oeko.de). Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/aktuelles/2015/online-shoppen-oder-beim-lokalen-haendler/>, zuletzt geprüft am 16.01.2020.
- Ninnemann, Jan; Hölter, Ann-Kristin; Beecken, Wolfgang; Thyssen, Robert; Tesch, Torsten (2017): Last-Mile-Logistics Hamburg – Innerstädtische Zustelloogistik. Studie im Auftrag der Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation der Freien und Hansestadt Hamburg. HSBA Hamburg School of Business Administration.
- Oláh, Judit; Kitukutha, Nicodemus; Haddad, Hossam; Pakurár, Miklós; Máté, Domicián; Popp, József (2019): Achieving Sustainable E-Commerce in Environmental, Social and Economic Dimensions by Taking Possible Trade-Offs. In: *Sustainability* 11 (1), S. 89. DOI: 10.3390/su11010089.
- Otto Group (Hg.) (2019): Geschäftsbericht 2018/2019. Hallo Mensch. Wie wir die digitale zukunft gemeinsam gestalten können. Hamburg. Online verfügbar unter https://www.ottogroup.com/media/docs/de/geschaeftsbericht/Otto_Group_Geschaeftsbericht_2018_19_DE.pdf, zuletzt geprüft am 21.01.2020.
- pakadoo (2016): Wenn der Postmann dreimal klingelt. Das "Last Mile" Problem und die dadurch verursachten CO₂-Emissionen. Online verfügbar unter https://www.pakadoo.de/fileadmin/user_upload/20161103_pakadoo_-_CO2_Infografik.pdf, zuletzt geprüft am 15.10.2020.
- Peteranderl, Sonja (2019): Nutzerdaten als Kunst: Der Code hinter einer Amazon-Bestellung - DER SPIEGEL - Netzwelt. Hg. v. DER SPIEGEL. Online verfügbar unter <https://www.spiegel.de/netzwelt/web/nutzerdaten-als-kunst-der-code-hinter-einer-amazon-bestellung-a-1296452.html>, zuletzt aktualisiert am 20.11.2019, zuletzt geprüft am 31.01.2020.

Piontek, Felix M.; Müller, Martin (2018): Literature Reviews: Life Cycle Assessment in the Context of Product-Service Systems and the Textile Industry. In: *Procedia CIRP* 69, S. 758–763. DOI: 10.1016/j.procir.2017.11.131.

Potter, Andrew; Childerhouse, Paul; Edwards, Julia; McKinnon, Alan; Cullinane, Sharon; Atilgan, Ceren; McCullen, Peter (2011): Comparative carbon auditing of conventional and online retail supply chains: a review of methodological issues. In: *Supply Chain Management: An International Journal* 16 (1), S. 11–19. DOI: 10.1108/13598541111103467.

REWE (2019): Nachhaltigkeitsbericht nach GRI-Standards. REWE-Group Nachhaltigkeitsbericht 2018, zuletzt geprüft am 17.01.2020.

Richter, Falk; Becker, Thilo; Lißner, Sven; Schmidt, Wolfram; Veres-Homm, Uwe; Cäsar, Estella et al. (2019): Regional konsolidierte Gewerbeflächenentwicklung (RekonGent) - Zwischenbericht AP I: Konzeptionelle und empirische Bestandsaufnahme. UBA Texte 21/2019. Hg. v. Umweltbundesamt, zuletzt geprüft am 22.09.2020.

Russo, Carlo; Tuomisto, Hanna; Michalopoulos, George; Pattara, Claudio; Polo, Palomino Juan Antonio (2015): PEF screening report in the context of the EU Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) Olive Oil Pilot.

ScienceFocus (2020): The thought experiment: What is the carbon footprint of an email? Online verfügbar unter <https://www.sciencefocus.com/planet-earth/the-thought-experiment-what-is-the-carbon-footprint-of-an-email/>, zuletzt geprüft am 21.01.2020.

Shahmohammadi, Sadegh; Steinmann, Zoran J. N.; Tambjerg, Lau; van Loon, Patricia; King, J. M. Henry; Huijbregts, Mark A. J. (2020): Comparative Greenhouse Gas Footprinting of Online versus Traditional Shopping for Fast-Moving Consumer Goods: A Stochastic Approach. In: *Environmental science & technology* 54 (6), S. 3499–3509. DOI: 10.1021/acs.est.9b06252.

Siikavirta, Hanne; Punakivi, Mikko; Kärkkäinen, Mikko; Linnanen, Lassi (2002): Effects of E-commerce on greenhouse gas emissions: a case study of grocery home delivery in Finland. In: *Journal of industrial ecology* 6 (2), S. 83-97.

Stobbe, Lutz; Proske, Marina; Zedel, Hannes; Hintemann, Ralph; Clausen, Jens; Beucker, Severin (2015): Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland. Abschlussbericht. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Fraunhofer IZM; Borderstep Institut. Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwicklung-des-ikt-bedingten-strombedarfs-in-deutschland-abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 06.04.2020.

Straube, Frank; Figiel, Anna; Nitsche, Benjamin (2018): Herausforderungen und Lösungen für den städtischen Wirtschaftsverkehr auf der letzten Meile – neue Konsumententrends beeinflussen die Logistik der Zukunft. In: 2.4. 8.1-Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung, S. 1.

Subramanian, Karpagam; Yung, Winco K. C. (2016): Review of life cycle assessment on consumer electronic products: Developments and the way ahead. In: *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 46 (18), S. 1441–1497. DOI: 10.1080/10643389.2016.1245550.

Systain (2009): 220 grams textile, 11 kilograms CO2 - The Carbon Footprint of Clothing. Carbon Footprint Study 2009. Final Summary, zuletzt geprüft am 10.01.2020.

Tchibo (2016): Nachhaltigkeitsbilanz 2015. Hamburg. Online verfügbar unter <https://www.tchibo.com/servlet/cb/905352/data/-/Nachhaltigkeitsbilanz2015.pdf>, zuletzt geprüft am 29.05.2020.

UBA (2019): Plastiktüten. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/haushalt-wohnen/plastiktueten#gewusst-wie>, zuletzt aktualisiert am 20.11.2020, zuletzt geprüft am 20.11.2020.

UBA (2020): Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Güterverkehr in Deutschland - Bezugsjahr 2018. aus TREMOD 6.03. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/366/bilder/dateien/vergleich_der_durchschnittlichen_emissionen_einzeln_verkehrsmittel_im_gueterverkehr_bezugsjahr_2018_tabelle_1.pdf, zuletzt geprüft am 23.09.2020.

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.

Velásquez, Marcelo; Ahmad, Abdul-Rahim (2009): State-of-the-art in e-commerce carbon footprinting. In: *The Journal of Internet Banking and Commerce* 14 (3), S. 1–21.

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

Weber, Christopher L.; Hendrickson, Chris T.; Matthews, H. Scott; Nagengast, Amy; Nealer, Rachael; Jaramillo, Paulina (2009 - 2009): Life cycle comparison of traditional retail and e-commerce logistics for electronic products: A case study of buy.com. In: 2009 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology. 2009 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST). Tempe, AZ, USA, 18.05.2009 - 20.05.2009: IEEE, S. 1–6.

Weideli, Dimitri (2013): Environmental Analysis of US Online Shopping. Master Thesis. MIT, Cambridge, MA, USA, zuletzt geprüft am 17.01.2020.

Wells, Jean-Robert; Boucher, Jean-François; Laurent, Achille-Benjamin; Villeneuve, Claude (2012): Carbon Footprint Assessment of a Paperback Book. In: *Journal of industrial ecology* 16 (2), S. 212–222. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2011.00414.x.

Weltevreden, Jesse; Mindali, Orit Rotem (2008): Mobility effects of B2C and C2C e-commerce: A literature review and assessment.

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

Wiese, Jonas; Gumpert, Kristina (2018): Analyse des Potenzials der Elektromobilität im Hinblick auf das logistische Problem der letzten Meile. DOI: 10.20378/irbo-51577.

Wirtschaftlexikon24 (2017): ambulanter Handel - Wirtschaftslexikon. Hg. v. Wirtschaftlexikon24. Online verfügbar unter <http://www.wirtschaftlexikon24.com/d/ambulanter-handel/ambulanter-handel.htm>, zuletzt aktualisiert am 13.05.2017, zuletzt geprüft am 14.05.2020.

Zalando (2019): Geschäftsbericht 2018. Hg. v. Zalando, zuletzt geprüft am 21.01.2020.