

Vergleichende Bewertung des Treibhausgaspotenzials von Printwerbung im Vergleich zu Online-Werbung

PCF-Vergleichsrechnung für Werbeanzeigen in gedruckter Form und Werbeanzeigen im Onlineformat im Auftrag von Austropapier, Bundesverband Druck und Medien e.V., dpsuisse, Jorcon b.v. (Niederlande) und Verband Druck Medien Österreich

Freiburg,
5. November 2025

Autoren

Dr. Andreas R. Köhler
Jens Gröger

Öko-Institut Consult GmbH
info@oeko-consult.de
www.oeko-consult.de

Büro Freiburg
Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin
Borkumstraße 2
13189 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Illustration der Print-Prospekt (links) versus Online-Prospekt (pdf) (rechts)	17
Abbildung 2-2:	Illustration von Anzeigen in einer Tageszeitung (links) versus Bannerwerbung auf einer Website (rechts)	19
Abbildung 2-3:	Systemgrenze dieser Studie	20
Abbildung 4-1:	Beiträge zum THG-Potenzial bei Printwerbung (Prospekt)	44
Abbildung 4-2:	Beiträge zu den THG-Potenzialen bei Printwerbung (Tageszeitung)	45
Abbildung 4-3:	Treibhausgasemissionen pro Impression bei Online-Prospekten (pdf)	47
Abbildung 4-4:	Treibhausgasemissionen pro Impression bei Werbebannern (jpg, png, gif)	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Auswahl der untersuchten Werbeträger (Prototypen)	13
Tabelle 2-2:	Spezifikation der Prototypen: Prospekte	16
Tabelle 2-3:	Spezifikation der Prototypen: Anzeigenspalte in Tageszeitung vs. Bannerwerbung auf Website	18
Tabelle 2-4:	Prozesse, die in dieser Studie nicht berücksichtigt wurden	21
Tabelle 2-5:	Allokationen bei den untersuchten Werbeträgern (Prototypen)	24
Tabelle 2-6:	Allokationsregeln bei Printwerbung	25
Tabelle 2-7:	Allokationsregeln bei Online-Werbung	27
Tabelle 2-8:	Festlegung von Anforderungen an die Datenqualität	28
Tabelle 2-9:	Datenherkunftsindex (DHI)	29
Tabelle 3-1:	Sachbilanz der Papierherstellung für Printwerbung	33
Tabelle 3-2:	Sachbilanz für Printwerbung: Produktionsprozesse der Variante Prospekt	33
Tabelle 3-3:	Sachbilanz für Printwerbung: Produktionsprozesse der Variante Tageszeitung	35
Tabelle 3-4:	Transport und Distanzen für ausgelieferte Printprodukte	36
Tabelle 3-5:	Anzeigegegeräte: Nutzungszeiten, Herstellungsaufwand und Treibhausgasemissionen	37
Tabelle 3-6:	Emissionsfaktoren Datenübertragung nach Netzwerkkomponenten	38
Tabelle 3-7:	Treibhausgaspotenziale anbieterseitige Informationstechnik	39
Tabelle 3-8:	Emissionsfaktor externe IT-Dienstleistungen	40
Tabelle 3-9:	CO ₂ e-Potenziale der IKT-Herstellung: Consumer Endgeräte	40
Tabelle 3-10:	Sachbilanz für Online-Werbung - Distribution über Datenübertragungsnetzwerke	41
Tabelle 3-11:	Anteilige Nutzung von Anzeigegegeräten zum Konsum von Online-Medien	41
Tabelle 3-12:	Sachbilanz für Online-Werbung – Stundenbezogener Parameter des Energieverbrauchs für Anzeige auf Consumer Endgeräten	42
Tabelle 4-1:	THG-Potenziale für Printwerbung pro 1 Mio. Werbeanzeigen	42
Tabelle 4-2:	THG-Potenziale für Printwerbung pro eine Million Impressionen	43
Tabelle 4-3:	Darstellung der Beiträge zu den THG-Potenzialen bei Printwerbung (Prospekt)	43

Tabelle 4-4:	Darstellung der Beiträge zu den THG-Potenzialen bei Printwerbung (Tageszeitung)	44
Tabelle 4-5:	THG-Potenziale von Online-Werbung pro einer Million Impressionen	45
Tabelle 4-6:	Beitragsanalyse für Online-Werbung pro 1 Mio. Impressionen	46
Tabelle 4-7:	Vergleich des THG-Potenzials für Prospektwerbung pro 1 Mio. Impressionen	48
Tabelle 4-8:	Vergleich des THG-Potenzials für Anzeigenwerbung pro 1 Mio. Impressionen	48
Tabelle 4-9:	Überblick zu den durchgeführten Sensitivitätsanalysen	49
Tabelle 4-10:	Einfluss der Papiersorten für Printwerbung	49
Tabelle 4-11:	Einfluss der Anzeigengröße auf das THG-Potenzial von Anzeigen in Print-Tageszeitungen	50
Tabelle 4-12:	Einfluss der Betrachtungsdauer bei Online-Prospekten (Reichweite 1)	51
Tabelle 4-13:	Einfluss der Betrachtungsdauer bei Webebannern in Online-Medien	51
Tabelle 4-14:	Einfluss der Datenvolumina bei Online-Prospekten	52
Tabelle 4-15:	Einfluss der Datenvolumina bei Werbebannern in Online-Medien	52

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
1 Hintergrund und Zielsetzung der vorliegenden Studie	9
1.1 Methodischer Hintergrund der THG-Modellierung für gedruckte Werbeanzeigen	10
1.2 Methodischer Hintergrund der THG-Modellierung für Online-Werbung	10
1.3 Kritische Prüfung	11
2 Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens	11
2.1 Ziel der THG-Bilanz	11
2.2 Untersuchungsrahmen der Studie	12
2.2.1 Allgemeine Hinweise	12
2.2.2 Auswahl der untersuchten Werbeträger	13
2.2.3 Funktion der Werbeformate und Funktionelle Einheit	13
2.2.4 Systemgrenze	19
2.2.5 Abschneidekriterien	22
2.2.6 Verfahren zur Allokation von THG-Potenzialen auf den Untersuchungsgegenstand	22
2.2.6.1 Implizite Allokation in den verwendeten Hintergrunddatensätzen	22
2.2.6.2 Allokation auf Ebene der untersuchten Produktsysteme	23
2.2.6.3 Allokationsverfahren bei Printwerbung	24
2.2.6.4 Allokationsverfahren bei Online-Werbung	26
2.2.7 Methode für die Wirkungsabschätzung	27
2.2.8 Datentypen und -quellen, sowie Anforderungen an die Datenqualität	28
2.2.8.1 Anforderungen an die Datenqualität	28
2.2.8.2 Umgang mit fehlenden Daten	30
2.2.9 Vergleiche zwischen Werbung im Print- versus Online-Format	30
2.2.10 Beitragsanalysen	31
3 Datengrundlage der Sachbilanz	31
3.1 Sachbilanz für Printwerbung	31
3.1.1 Papierherstellung für Printwerbung	32
3.1.2 Produktion der Printwerbung (Druckprozesse)	33
3.1.3 Transporte von Printwerbung	36
3.1.4 Anwendungsphase: Generierung der Impressionen von Printwerbung durch Ansicht	36

3.1.5	Altpapierentsorgung für Printwerbung (Post Consumer)	36
3.2	Sachbilanz für Online-Werbung	37
3.2.1	Anzeigegeräte	37
3.2.2	Netzwerk	38
3.2.3	Anbieterseitige Informationstechnik	39
3.2.4	Externe IT-Dienstleistungen	39
3.2.5	Herstellungsaufwand für IKT-Hardware	40
3.2.6	Produktion von Online-Werbung	40
3.2.7	Distribution über Datenübertragungsnetzwerke	41
3.2.8	Anwendungsphase - Generierung der Impressionen durch Anzeige auf Consumer Endgeräten	41
4	Wirkungsabschätzung	42
4.1	Wirkungsabschätzung für Printwerbung	42
4.2	Wirkungsabschätzung für Online-Werbung	45
4.3	Ergebnisvergleich von Print- und Online-Werbung	48
4.4	Sensitivitätsanalysen	48
4.5	Sensi 1: Nutzung verschiedener Papiersorten mit unterschiedlichem Carbon Footprint	49
4.6	Sensi 2: Variation der Anzeigengröße bei Print-Tageszeitungen	50
4.7	Sensi 3: Variation der Betrachtungsdauer von Online-Werbung auf Consumer Endgeräten	50
4.8	Sensi 4: Variation der Datenvolumina von Online-Werbung	51
5	Diskussion der Ergebnisse	53
5.1	Zweckmäßigkeit der Festlegung des Systemnutzens, der Funktionellen Einheiten und der Systemgrenze	53
5.2	Einfluss von Modellierungsannahmen auf die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung	55
5.3	Relevante Ergebnisse der Wirkungsabschätzung	57
6	Referenzliste	59
	Anhang: Gutachten zur externen kritischen Prüfung	61

Abkürzungsverzeichnis

AP	Acidification Potential
APOS	Allocation at Point of Substitution
B2C	Business to customer
CDN	Content delivery network
CO ₂ e	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
CPU/GPU	Computer / Grafikprozessor
DACH-Länder	Deutschland, Österreich, Schweiz
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	Europäische Norm
EPD	Umweltproduktdeklarationen
EUR	Euro
FE	Funktionelle Einheit
GB	Gigabyte
GWP	Global Warming Potential
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
ISO	Internationale Organisation für Normung
k.A.	Keine Angabe
kB	Kilobyte
kWh	Kilowattstunden
LCA	Life cycle analysis (Lebenszyklusanalyse / Ökobilanz)
LPA / LPE	Leser pro Ausgabe / Exemplar
MB	Megabyte
n.a.	Nicht anwendbar
NL	Niederlande
NO _x	Stickstoffoxide
PC	Personalcomputer
THG / GHG	Treibhausgas / Greenhouse gases
WEEE	Elektroaltgeräte

1 Hintergrund und Zielsetzung der vorliegenden Studie

In der Werbewirtschaft wird aktuell intensiv diskutiert, wie zeitgemäß der Einsatz von Printprodukten als Werbemedium noch ist. Während klassische Werbeformate wie Flugblätter, Beilagen und Anzeigen in Printmedien weiterhin verbreitet sind, haben digitale Werbeformate in den letzten Jahrzehnten deutlich an Bedeutung gewonnen. Gleichzeitig mehren sich kritische Stimmen gegenüber Printwerbung, insbesondere angesichts der großen Mengen an gedruckten Werbematerialien, die häufig ungewollt bei den Empfängerinnen und Empfängern ankommen. So weist beispielsweise die Deutsche Umwelthilfe darauf hin, dass jährlich fast 26 Milliarden Werbeprospekte in deutschen Briefkästen landen, obwohl ein Großteil der Verbraucherinnen und Verbraucher diese gar nicht wünscht (Deutsche Umwelthilfe e.V. 2023).

In der öffentlichen Debatte wird dabei oft angenommen, dass Online-Werbung grundsätzlich umweltfreundlicher sei als Printwerbung, da für sie kein Papier benötigt wird und keine physischen Transporte erforderlich sind. Der Einsatz internetbasierter Kommunikationstechnologien wie Smartphones, Tablets oder Notebooks wird häufig als Möglichkeit gesehen, den Informationsfluss effizienter und ressourcenschonender zu gestalten, zumindest wird seitens der Werbetreibenden bisweilen so argumentiert. Allerdings zeigen aktuelle Studien, dass die Umweltwirkungen digitaler Werbung differenziert betrachtet werden müssen. Die Produktion, Nutzung und Entsorgung von IKT-Endgeräten sowie der Betrieb von Datennetzen und Rechenzentren verursachen ebenfalls erhebliche Umweltbelastungen und einen hohen Ressourcenverbrauch. Dabei erschweren die vielfältigen Nutzungsarten der digitalen Infrastruktur die eindeutige Zuordnung von Umweltwirkungen zu einzelnen Anwendungen wie der Online-Werbung.

Auch für Printprodukte ist die ökologische Bewertung komplex und hängt von zahlreichen Faktoren ab, etwa von der Produktart, der Herstellung, dem Nutzungsmuster, der Reichweite und der Nutzungsdauer. Hinzu kommt, dass viele für die Druck- und Medienbranche relevante Studien schon einige Jahre alt sind und die jüngsten Entwicklungen in der Papier- und Digitalindustrie nicht mehr abbilden. In diesem Zeitraum haben sich sowohl die Druck- und Medienbranche als auch die Papier- und Digitalindustrie stark gewandelt.

Vor diesem Hintergrund verfolgt diese LCA-Studie das Ziel, das Treibhausgaspotenzial von Werbeanzeigen in Form klassischer Druckerzeugnisse (Print) und von Online-Anzeigen auf Basis aktueller Daten vergleichend zu berechnen. Die Berechnung des Treibhausgaspotenzials für gedruckte Werbeanzeigen erfolgt auf Basis des international anerkannten Standards (DIN EN ISO 14040:2021) und (DIN EN ISO 14044:2021-02). Das Treibhausgaspotenzial (THG-Potenzial) beschreibt die als CO₂-Äquivalente (CO₂e) ausgedrückten Beitrag eines Produktes bzw. einer Dienstleistung zur Erwärmung der Atmosphäre. Die Betrachtung konzentriert sich dabei auf den zentralen gemeinsamen Kern beider Werbeformate: Die Übermittlung einer Werbebotschaft (Impression). Durch eine vergleichende LCA-Bilanzierung soll eine fundierte und transparente Vergleichsrechnung ermöglicht werden, die die funktionellen Unterschiede der Werbeformate berücksichtigt.

1.1 Methodischer Hintergrund der THG-Modellierung für gedruckte Werbeanzeigen

Diese Normen legen Grundsätze, Anforderungen und Leitlinien für die Quantifizierung und Kommunikation der Umweltauswirkungen von Produkten fest. Das Treibhausgaspotenzial ist ein klimarelevanter Teilindikator der Umweltwirkungen eines Produkts und beschreibt die Summe aller Treibhausgasemissionen, die entlang des Lebenszyklus eines Produkts entstehen – von der Rohstoffgewinnung über Produktion, Distribution und Nutzung bis hin zur Entsorgung. Für gedruckte Werbeanzeigen umfasst dies typischerweise:

- Papierherstellung (inkl. Fasergewinnung, Energieeinsatz, Transport)
- Druckprozess (inkl. Druckfarben, Maschinenenergie, Hilfsstoffe)
- Distribution (z. B. Postversand, Logistik)
- End-of-Life (Recycling, Verbrennung, Deponierung)

Die Berechnung erfolgt nach dem Cradle-to-Grave-Prinzip, wobei alle relevanten Prozesse entlang der Wertschöpfungskette berücksichtigt werden. Die Systemgrenzen werden so definiert, dass sie alle wesentlichen Emissionsquellen einschließen, wobei Cut-off-Kriterien nach DIN EN ISO 14044 angewendet werden können, um vernachlässigbare Beiträge auszuschließen.

Bei der Bilanzierung werden primäre Prozessdaten (z. B. Energieverbrauch beim Druck) mit sekundären Datenquellen (z. B. ecoinvent Datenbank, Umweltproduktdeklarationen) kombiniert. Die Qualität der Daten wird gemäß DIN EN ISO 14044 hinsichtlich Repräsentativität, Konsistenz und Transparenz bewertet. Die Berechnung für Printwerbung erfolgt auf Basis einer empirisch ermittelten Sachbilanz von Werbeträgern (Prospekte und Tageszeitungen).

1.2 Methodischer Hintergrund der THG-Modellierung für Online-Werbung

Bei Online-Werbung handelt es sich um eine digitale Dienstleistung. Um solch eine Dienstleistung zu erbringen, muss eine digitale Infrastruktur vorgehalten werden, die anteilig an der Bereitstellung des jeweiligen Dienstes beteiligt ist. Für Online-Werbung sind dies insbesondere der Betrieb eines kundenseitigen digitalen Endgerätes („Anzeigegerät“), die Übertragung von Daten über das Internet („Netzwerk“) und die Dienste zur Bereitstellung der jeweiligen Werbe-Anzeige oder der jeweiligen Datei in einem „Rechenzentrum“.

Bei der Bilanzierung werden sowohl die THG-Potenziale der Herstellung der informationstechnischen Geräte berücksichtigt als auch die direkten und indirekten THG-Emissionen, die durch den Betrieb der Geräte entstehen, im Wesentlichen als Konsequenz der Bereitstellung elektrischer Energie. Die in einer THG-Bilanz typischerweise ebenfalls beteiligten Lebenszyklusphasen Transport und End-of-Life (Entsorgung) werden hier aufgrund ihrer untergeordneten Größenordnung nicht berücksichtigt.

Die Methodik zur Zuordnung des Herstellungsaufwandes auf die Nutzungsphase eines digitalen Endgerätes ist in der Studie „Digitaler CO₂-Fußabdruck“ (Gröger 2020) beschrieben. Die Methodik zur Bilanzierung einer in einem Rechenzentrum erbrachten Cloud-Dienstleistung wird in „Green Cloud Computing“ (Gröger et al. 2021) vorgestellt.

1.3 Kritische Prüfung

Die kritische Prüfung einer LCA-Studie, die den Schwerpunkt auf Treibhausgasemissionen (THG) legt, erfolgt gemäß den Vorgaben der (DIN EN ISO 14067:2019-02). Diese Norm legt spezifische Anforderungen und Leitlinien für die Quantifizierung und Berichterstattung des CO₂-Fußabdrucks von Produkten fest und baut dabei auf den allgemeinen Grundsätzen der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044 auf.

Eine unabhängige, externe Überprüfung durch einen qualifizierten Reviewer ist dabei essenziell, um die wissenschaftliche Fundierung, Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Studie sicherzustellen. Im Gegensatz zur umfassenden Verifizierung nach DIN EN ISO 14044, die häufig ein dreiköpfiges Expertengremium vorsieht, schreibt DIN EN ISO 14067 für die Prüfung des CO₂-Fußabdrucks eines Produkts explizit die Überprüfung durch einen unabhängigen Prüfer vor. Dieser Reviewer stellt sicher, dass die Studie hinsichtlich Methodik, Datenbasis und Transparenz den Anforderungen der DIN EN ISO 14067 entspricht. Damit wird die wissenschaftliche Qualität und Glaubwürdigkeit der Ergebnisse gewährleistet, ohne den organisatorischen Aufwand eines mehrköpfigen Panels zu erfordern. Dies macht die kritische Prüfung nach DIN EN ISO 14067 effizienter, bleibt aber dennoch robust und nachvollziehbar.

Der Prüfereport zur Studie befindet sich im Anhang.

2 Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens

In den folgenden Abschnitten dieses Kapitels wird zunächst das Ziel der Studie erläutert (Abschnitt 2.1.). Daran anschließend wird der Untersuchungsrahmen der THG-Bilanz dokumentiert (vgl. Abschnitt 2.2.). Dabei wird beschrieben welche Produktsysteme miteinander verglichen werden und welche methodischen Festlegungen (z. B. Funktionelle Einheiten, Systemgrenzen, Allokationsverfahren, Anforderungen an Daten, usw.) getroffen wurden.

2.1 Ziel der THG-Bilanz

Wesentliches Ziel der vorliegenden Studie ist die Bestandsaufnahme und Vergleich der wesentlichen THG-Emissionen im Zusammenhang mit Werbeanzeigen in Form klassischer Druckerzeugnisse (Print) und Werbeanzeigen im Onlineformat auf Basis aktueller Informationen in beiden Bereichen.

Die Resultate der Studie sind für die externe Kommunikation vorgesehen und dienen der Information der Öffentlichkeit in Bezug auf die Thematik der THG-Relevanz von klassischer Printwerbung und Onlinewerbung. Die Zielgruppe für die Kommunikation der in der vorliegenden THG-Bilanz ermittelten Ergebnisse umfasst die interessierte Öffentlichkeit, insbesondere:

- die Fachöffentlichkeit im Bereich der Medien- und Werbeindustrie,
- die Fachöffentlichkeit des Printsektors und der Digitalwirtschaft,
- Verbraucherinnen und Verbraucher.

Die Ergebnisse dieser Studie sind ausschließlich im Kontext der definierten Zielsetzung und Systemgrenzen zu interpretieren. Insbesondere sei darauf hingewiesen, dass sich der sachliche

Geltungsbereich der Studienergebnisse auf die exemplarisch definierten generischen Werbeanzeigen (vgl. Abschnitt 2.2.2) beschränkt.

Die Studie ist nicht dazu geeignet, vergleichende Aussagen über konkrete Werbeträger außerhalb der in Abschnitt 2.2.3 beschriebenen Rahmenbedingungen zu unterstützen. Die Ergebnisse der Studie erlauben insbesondere keinen allgemeinen Vergleich von Printprodukten und Onlinemedien, beispielsweise unter Berücksichtigung redaktioneller Anteile.

2.2 Untersuchungsrahmen der Studie

2.2.1 Allgemeine Hinweise

Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens einer THG-Bilanz müssen die zu untersuchenden Produktsysteme und die Funktionen des Produktsystems berücksichtigt und eindeutig beschrieben werden. Im Rahmen der vorliegenden THG-Bilanz werden verschiedene Varianten von Werbeanzeigen im Print- und Onlineformat miteinander verglichen. Die grundlegende Funktion der verglichenen Werbeanzeigen ist die Erreichung von Verbraucherinnen und Verbrauchern (Rezipienten) im Rahmen der B2C Kommunikation von Unternehmen zum Zwecke der Verbesserung der Marktposition der beworbenen Produkte oder Dienstleistungen.

Im Rahmen der THG-Bilanz müssen die zugehörigen Stoff- und Energieströme sowie die Wirkungsabschätzung auf eine einheitliche Bezugsgröße bezogen werden. Dazu wird zunächst eine Funktionelle Einheit definiert, die die Funktion der Vergleichsgegenstände möglichst deckungsgleich beschreibt. Der Standard beschreibt die Funktionelle Einheit als den quantifizierten Nutzen eines Produktsystems für die Verwendung als Vergleichseinheit. Die Funktionelle Einheit muss der Zielsetzung und dem Untersuchungsrahmen der Studie entsprechen, was im vorliegenden Fall bedeutet, dass sie einen direkten Vergleich der betrachteten Werbeformate erlaubt (Abschnitt 2.2.3). Auf Basis der Funktionellen Einheit werden dann entsprechende Referenzflüsse zugeordnet, die eine quantitative Darstellung aller relevanten Parameter beinhalten, aus denen die Umweltwirkungen der betrachteten Produkte, insbesondere deren Treibhausgaspotenziale, resultieren.

Darüber hinaus umfasst die Festlegung des Untersuchungsrahmens die eindeutige Darstellung der Systemgrenze der Betrachtung (Abschnitt 2.2.4), also eine Beschreibung der in der Studie berücksichtigten Prozesse über den gesamten Lebensweg der betrachteten Produkte. Ebenso muss eindeutig festgelegt werden, welche Aspekte im Sinne der Vereinfachung weggelassen werden (Abschnitt 0) und welche Allokationsverfahren (Abschnitt 2.2.6) angewandt werden (z. B. Aufteilung der Umweltbelastung der von multifunktionalen digitalen Consumer-Endgeräten).

Der Untersuchungsrahmen der Studie beschreibt auch die Festlegungen zur Methodik für die Wirkungsabschätzung und die Wirkungskategorien (z. B. Berechnung des Treibhauspotenzials) (vgl. Abschnitt 2.2.7). Weiterhin müssen die Methoden zur Auswertung der Ergebnisse, die Anforderungen an die Daten (inkl. Datenqualitätsanforderungen), die getroffenen Annahmen und die sich daraus ergebenden Einschränkungen in Bezug auf die Interpretation der Ergebnisse erläutert werden (Abschnitt 2.2.8).

2.2.2 Auswahl der untersuchten Werbeträger

Im Rahmen der vorliegenden THG-Bilanz werden zwei abstrakte Varianten einer Werbeimpression¹ mit jeweiligem Äquivalent im Print- versus Digital-Format verglichen. Diese Werbeformate werden durch abstrakten Werbeträger (Prototypen) repräsentiert. Deren Festlegung erfolgt mittels Interpolation auf Basis von Informationen über Printprodukte, die von den auftraggebenden Verbänden Austropapier, Bundesverband Druck und Medien e.V., dpsuisse, Jorcon b.v. (Niederlande) und Verband Druck Medien Österreich zur Verfügung gestellt wurden.

Die in dieser Untersuchung betrachteten Werbeanzeigen sind generischer Natur, das heißt, es erfolgt kein Vergleich konkreter Produkte. Stattdessen werden abstrakte „Prototypen“ in Print- und Onlineformat analysiert, die einen typischen, repräsentativen Durchschnitt branchenüblicher Werbeträger darstellen.

Dies geschieht auf Basis einer spezifischen Datenerfassung der aktuellen Produktionsprozesse für gedruckte Werbeformate im Printsektor im DACH-Raum (Österreich, Deutschland, Schweiz) + Niederlande. Die Datenerfassung der zur Online-Werbung zugehörigen Prozesse erfolgt auf Basis aktueller Informationen aus Literaturquellen und Forschungsprojekten zum Digitalsektor mit Fokus auf Deutschland und die EU.

Die Generierung einer Werbeimpression bei den Rezipienten lässt sich prinzipiell mit verschiedenen physischen und virtuellen Werbeträgern realisieren. Auch innerhalb der beiden Werbeformate (print / digital) existieren zahlreiche Varianten der physischen Erscheinungsform von Werbeanzeigen. Aus der Vielzahl von Möglichkeiten wurden in Abstimmung mit den Auftraggebern jeweils zwei Varianten (sogenannte Prototypen) bestimmt, die im Rahmen der Studie betrachtet werden. Deren Gemeinsamkeit ist jeweils die Generierung einer Werbeimpression mit Hilfe unterschiedlicher Form und dementsprechend unterschiedlichen Referenzflüssen (siehe Tabelle 2-1).

Tabelle 2-1: Auswahl der untersuchten Werbeträger (Prototypen)

Printwerbung	Online-Werbung
Mehrseitiges Prospekt (beidseitig bedruckt, gefalzt und verklebt) zur Auslage in Supermärkten	Generische pdf-Datei zur Ansicht im Web-Browser auf einer Online-Plattform oder zum Download und Ansicht im pdf-Viewer
Anzeigenplätze integriert im redaktionellen Teil einer generischen Tageszeitung	Statischer Werbebanner, eingebunden auf einer generischen HTML-Website mit redaktionellen Inhalten

Quelle: eigene Darstellung

2.2.3 Funktion der Werbeformate und Funktionelle Einheit

Gemäß den Vorgaben der Norm DIN EN ISO 14040 muss die Funktionelle Einheit die quantifizierte Leistung eines Produktsystems definieren, die als Bezugsgröße für die Berechnung des Treibhausgaspotenzials dient (DIN EN ISO 14040:2021). Sie bildet die Grundlage für die Zuordnung aller Input- und Output-Daten innerhalb der Lebenszyklusanalyse. Die funktionelle Einheit muss daher klar, eindeutig und messbar formuliert sein und die Funktion des Produktsystems unabhängig von der zu berechnenden Emissionsmenge beschreiben. Ihre Definition ist entscheidend für die

¹ Dieser Schlüsselbegriff wird in Abschnitt 2.2.3 näher erläutert.

Vergleichbarkeit von CFP-Ergebnissen und muss konsistent mit dem Ziel und dem Untersuchungsrahmen der Studie sein.

Darüber hinaus muss die Funktionelle Einheit dem Ziel und dem Untersuchungsrahmen der Studie entsprechen. Im hier vorliegenden Fall bedeutet das, dass sie einen direkten Vergleich der verschiedenen Werbeformate erlaubt. Im Hinblick auf die Unterschiedlichkeit der Printwerbung und der Online-Werbung hinsichtlich deren physischer Beschaffenheit und der vorgelagerten Lebenszyklusabschnitte ist es angemessen, den Vergleichsgegenstand auf die beabsichtigte Funktion der Werbeformate zu beziehen. Allerdings muss diese Funktion auch hinreichend konkret bestimmbar sein, ohne die Komplexität des Untersuchungsgegenstands unnötig zu vergrößern.

Dementsprechend bietet sich für einen direkten Vergleich von gedruckten und digitalen Werbeformaten die Definition der Messgröße „Impression“ als funktionale Einheit an. Die Impression ist eine wichtige Kennzahl im digitalen Marketing und macht die Sichtbarkeit und Reichweite von Werbekampagnen messbar. Zwar ist die eigentlich beabsichtigte Funktion der Werbeanzeigen die Werbewirkung, jedoch ist diese sehr schwer zu quantifizieren und nicht hinreichend konkret bestimmbar. Deshalb wird im Marketing der Begriff "Impression" verwendet, um den Sichtkontakt eines Nutzers mit einer Werbebotschaft zu beschreiben (SEO-Küche 2022). Diese kann auf einer Webseite, einer Anzeige oder einem Social-Media-Beitrag platziert sein. Jede Anzeige eines solchen Elements auf dem Informationsmedium (Zeitung / Bildschirm) eines Rezipienten wird als eine „Impression“ gezählt, unabhängig davon, ob der Nutzer darauf klickt oder nicht (KONEX Marketing 2024). Die Messgröße „Impression“ bezieht sich darauf, wie oft eine Anzeige oder ein Inhalt von den Rezipienten wahrgenommen wird. Dabei ist es unerheblich, ob die Rezipienten tatsächlich mit dem Werbemittel interagieren, d. h. sich bewusst mit dem Inhalt auseinandersetzen, darauf-klicken oder am Ende eine Kaufentscheidung treffen oder nicht. Obwohl das Konzept der Impression eher im Bereich der digitalen Werbung verwendet wird, kann es auch auf klassische Printwerbung angewendet werden, da es in dem beschriebenen Studiendesign nur auf die Wahrnehmung durch den Rezipienten ankommt.

Als Bezugsgröße für die vorliegende Studie wird daher die folgende **Funktionelle Einheit** festgelegt:

„Realisierung von einer Millionen Impressionen“

Dabei ist eine Impression als das Sichtbarwerden einer Werbebotschaft bei einem Empfänger oder einer Empfängerin definiert. Die Festsetzung der Menge an Impressionen auf 1 Millionen ist für den Vergleich an sich unerheblich und dient hier vor allem dazu, die Inputparameter und Outputparameter der Sachbilanz sowie die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung auf eine gut kommunizierbare Größenordnung zu skalieren (Vermeidung von Ergebnissen im Nachkommabereich).

Nach der Auswahl der funktionellen Einheit muss der zugehörige Referenzfluss festgelegt werden. Als Referenzfluss bezeichnet man diejenigen Mengen an Stoffen und Energie, die in den Prozessen eines Produktsystems zur Erfüllung der Funktion des Systems notwendig sind. Vergleiche zwischen den verschiedenen Systemen werden auf Grundlage der gleichen Funktion, die mit der gleichen funktionellen Einheit quantifiziert wird, vorgenommen. Im vorliegenden Fall unterscheidet sich der Referenzfluss zur Realisierung von Impressionen im Printbereich erheblich von jenen im digitalen Bereich. Die Reichweite ist ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal für die betrachteten Werbeformate. Die Reichweite in der Werbung beschreibt die Anzahl der Personen, die mit einer bestimmten Werbemaßnahme erreicht werden können. Es wird hier davon ausgegangen, dass die Reichweite der Impression gleich der Reichweite des Werbeträgers ist, mit dem sie verbreitet wird. Die Festlegung des Referenzflusses orientiert sich daher zum einen an der Reichweite des

jeweiligen Werbeformats. Zum anderen ist die völlig unterschiedliche physische Beschaffenheit der Werbeträger ein wichtiges Kriterium für die Referenzflüsse, die dem Betrachtungsgegenstand (Impression) zuzuordnen sind.

Klassische gedruckte Werbeanzeigen (Print) liegen auf einem Trägermedium aus Papier vor und sind ab Herstellung in ihrer Größe, Form und Machart unveränderlich. Eine Impression ist durch das Betrachten der Werbeanzeige charakterisiert, wobei ein Werbeträger auch nacheinander von mehreren Rezipienten betrachtet werden kann (oder gar nicht). Die Anzahl von Impressionen pro Anzeige ist durch die Reichweite des Werbeträgers charakterisiert. Im hier betrachteten Fall ist der Werbeträger eine Tageszeitung oder ein Prospekt. Für Tageszeitungen wird die Reichweite durch den Faktor LpA (Leser pro Auflage) beschrieben. Durch Division dieses Faktors mit der Auflage der Zeitung ergibt sich der Faktor LpE (Leser pro Exemplar). In der Folge wird der LpE-Wert mit der Reichweite der Impression gleichgesetzt. Bewegte Inhalte oder zeitnahe Aktualisierung der Werbeinhalte sind nicht möglich. Die Rezipienten haben keine Interaktionsmöglichkeiten mit der Werbung und auch Werbetreibende erhalten keinen direkten Informationsrücklauf über die Interaktion der Rezipienten mit der Werbung (wie dies bei online-Werbung möglich ist).

Online-Werbung hingegen wird digital ausgeliefert und passt sich in Form und Größe dem Display der jeweiligen Endgeräte der Rezipienten an. Für Online-Prospekte wird angenommen, dass die Ansicht einer Prospektseite durch vorheriges aktives Anklicken der Rezipienten auf ein Vorschau Thumbnail erfolgt, daher wird ein Interesse an genauerer (=längerer) Ansicht der Prospektseite vorausgesetzt. Statt der Größe ist hierbei die Zeitdauer der Betrachtung einer Impression von Belang. Dazu kommen sowohl digitale Infrastrukturen im Hintergrund als auch das digitale Endgerät des Rezipienten zum Einsatz. Ohne die Nutzung dieser Infrastrukturen kann keine Impression beim Rezipienten erzeugt werden. Üblicherweise wird Online-Werbung für jeweils ein Endgerät eines Rezipienten angezeigt. Deshalb die Reichweite wird in diesem Fall als 1 angesetzt, da jede Impression individuell für einen Rezipienten erzeugt wird.

Werbebanner in Online-Tageszeitungen zeichnen sich typischerweise durch bewegte oder animierte Inhalte aus und erlaubt auch eine zeitnahe Aktualisierung der Werbeinhalte. Darüber hinaus bietet Online-Werbung zusätzliche Funktionalitäten wie Interaktion, Personalisierung, zeitnahe Aktualisierung, Echtzeit-Auktionierung von Werbeplätzen sowie detailliertes Tracking und Analyse der Rezipienten. Diese Aspekte stellen zwar keinen „primären Nutzen“ für die Rezipienten dar, sind aber integraler Bestandteil der Funktion und des Wertes von Online-Werbung für Werbetreibende. Insofern werden die im Hintergrund ablaufenden Prozesse den Referenzflüssen zur Erzeugung der Impressionen zugerechnet.

Entsprechend wird für die vorliegende Studie davon ausgegangen, dass die hier verglichenen Werbeformen in Bezug auf ihren Anwendungszweck (Erzeugen einer Impression im Sinne von Aufmerksamkeit für den beworbenen Inhalt) als in *grosso modo* vergleichbar angesehen werden können.

Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die jeweiligen Werbeformen in Hinblick auf die damit verbundenen Referenzflüsse Unterschiede aufweisen. Im Printbereich ist hier vorrangig die Menge an bedrucktem Papier maßgeblich, die wiederum von verschiedenen Faktoren wie der Größe einer Werbeanzeige, der Papierqualität und der Anzahl von Rezipienten, die eine solche Werbeanzeige im Durchschnitt betrachten (=Reichweite), beeinflusst wird. Im Bereich der Online-Werbung hingegen ist die Größe einer Werbeanzeige von untergeordneter Bedeutung, da sie maßgeblich von der Art des Consumer-Endgerätes sowie dessen Bildschirmgröße abhängt. Stattdessen ist die Quantifizierung der Referenzflüsse hier von der Zeitdauer der Anzeige und dem Energieverbrauch abhängig,

der aus den digitalen Datenverarbeitungs- und Datenübertragungsprozessen resultiert. In Anbetracht der Vielzahl an Hintergrundprozessen im Zusammenhang mit Online-Werbung (siehe oben), ist es in diesem Fall notwendig, eine Fokussierung auf die an der Erzeugung der Impression beteiligten Prozesse vorzunehmen. Diese Fokussierung wird in den folgenden Abschnitten dargelegt, Abschneidekriterien werden in Abschnitt 0 beschrieben und begründet.

Vereinfachungen: zur Vereinfachung der vergleichenden Bewertung werden die psychischen Effekte der Betrachtung von Impressionen durch die Rezipienten ignoriert. Darunter fällt die unterschiedliche Affinität demografischer Gruppen von Rezipienten (jung / alt, weiblich / männlich, ökonomische Stellung etc.) gegenüber Werbeformaten im Print- und Onlineformat. Für diese Aspekte wird postuliert, dass die Impressionen grosso modo die gleiche Wirkung entfalten. Insofern werden für die Berechnung der Reichweite von Werbeformaten jeweils gemittelte empirische Werte aus der Literatur angesetzt. Ebenso können in dieser Studie Hintergrundaktivitäten, wie die Vermarktung von Werbeplätzen, Retargeting und Werbe-Individualisierung, Browser-Fingerprinting und Event-Tracking, Social-Media-Erweiterungen sowie Abo-Verwaltung, Login-, Bezahlfunktionen und Verschlüsselung u.s.w in dieser Studie explizit ausgeschlossen, da diesbezüglich keine hinreichend konkreten Sachbilanzdaten verfügbar sind.

Die betrachteten Hintergrundaktivitäten von Online-Werbung beschränken sich ausschließlich auf die Vorhaltung (in Datenzentren), Auslieferung via Datennetzwerke und Darstellung auf den Endgeräten. Die Modellannahme, die in der Realität bei Online-Werbung im Hintergrund ablaufenden Zusatzfunktionen unberücksichtigt zu lassen, hat zur Folge, dass die THG-Emissionen von Online-Werbung tendenziell eher unterschätzt werden.

Die Profile der hier verglichenen Werbeträger sind in Tabelle 2-2 / Abbildung 2-1 und Tabelle 2-3 / Abbildung 2-2 gegenübergestellt.

Tabelle 2-2: Spezifikation der Prototypen: Prospekte

Prospekt (Printversion)	Wert	Einheit	Getroffene Annahmen	Datenherkunft
Seitengröße	624	cm ²	= Anzeigengröße	NL
Seitenzahl	24		Beidseitig bedruckt	NL
Gewicht pro Exemplar	36,6	g		NL
Papier, Flächengewicht	49	g/m ²		NL
Papiergewicht pro Seite	1,153	g		NL
Papier Sorte	super-calendered Papier		holzhaltig ungestrichen	D, AT, NL, CH
Druckverfahren	Heatset-Rollenoffset		4-Farbdruck (C,M,Y,K)	D, AT, NL, CH
Bindung	verklebt			D, AT, NL, CH

Prospekt (Printversion)	Wert	Einheit	Getroffene Annahmen	Datenherkunft
Vertriebsform	Auslage im Stapel in Supermärkten			D, AT, NL, CH
Reichweite	1,9		Durchschnittliche Anzahl der Rezipienten pro Stück	D, AT, NL, CH
Anzahl von Werbeplätzen pro Stück	24		Jede Seite ausschließlich für Anzeigen genutzt	D, AT, NL, CH
Impressionen pro Seite	1			D, AT, NL, CH
Online-Prospekt (pdf)				
Downloadgröße (Browseransicht)	40	MB	Median aus Stichprobe	NL, DE
Seitenzahl	24			NL
Betrachtungsdauer	10	Sekunden	Ansicht pro Impression*	
Vertriebsform	Online-Auslieferung via Content Delivery Network (CDN)			
Serverstandort	Mitteleuropa			
Reichweite	1		Rezipienten laden pdf jeweils individuell auf eigenes Anzeigegerät	
Impressionen pro Seite	1		Darstellung abhängig von Größe und Auflösung des Displays (Annahme: 100% der Bildschirmfläche für Inhalte)	

Quelle: Verband Druck Medien Österreich auf Basis von aggregierten Branchendaten / (eye square GmbH 2020)

* Es wird angenommen, dass die Ansicht einer Prospektseite durch vorheriges aktives Anklicken der Rezipienten auf ein Vorschau Thumbnail erfolgt, daher wird ein Interesse an genauerer (=längerer) Ansicht der Prospektseite vorausgesetzt

Abbildung 2-1: Illustration der Print-Prospekt (links) versus Online-Prospekt (pdf) (rechts)

VOORDEEL VOUCHERS
BESPAAR MEER DAN € 600,- PER JAAR EXTRA!

1 ACTIVEER Activeer vouchers als 10 de Voordeel Vouchers in de Vomar app. Je moet deze 10 keer gebruiken als je wilt.

2 SCAN Scan de QR code. De korting wordt automatisch toegevoegd.

3 PROFITEER Het Voordeel Vouchers profiteren je van nog meer korting. Zo bespaar je meer dan € 600,- per jaar extra!

VOUCHER ACTIE Alleen geldig met een geactiveerde voucher in de Vomar-app

LAST MINUTE VOUCHER ontdek 'm vanaf donderdag in de Vomar-app

Appelringen 340 - 290
Monsi Pudding 275 - 245
Bami Nieuw 338 - 290
President Mini La Brie 219 - 199

Download de Vomar-app! PROFITEER VAN NOG MEER VOORDEEL IN DE VOMAR-APP

Écht, het kan... NOG LAGER!

Het leven is al duur genoeg. Dat snappen wij en daarom verlagen we continue onze prijzen waar het kan.

Dus kom naar Vomar want daar worden de extreem lage prijzen nu nog lager.

Vind je een product ergens toch goedkoper? Vertel het ons, dan passen wij de prijs aan.

Nieuwe lage prijs
Milkman Halfvolle Melk 0,92
Koningin Vette Kwark 1,39
Eggenhuis Gelseide Broekwurst 1,10
Milkman Koffiemelkpoeder 0,26
Savonchoor Afwasmiddel 1,19
First Choice Cola Zero 2,99

LEES HIER ALLES OVER ONZE LAGE PRIJZEN

Quelle: Jorcon b.v

Tabelle 2-3: Spezifikation der Prototypen: Anzeigenspalte in Tageszeitung vs. Bannerwerbung auf Website

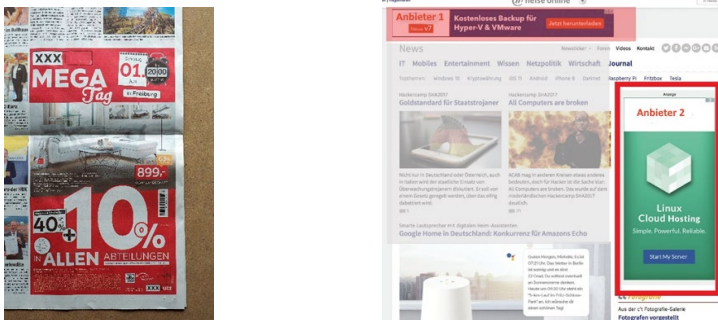
Tageszeitung (Printversion)	Wert	Einheit	Getroffene Annahmen	Daten-herkunft
Seitengröße	1282	cm ²		D, AT, NL
Seitenzahl	46		Beidseitig bedruckt	D, AT, NL
Gewicht pro Exemplar	116	g		D, AT, NL
Papier, Flächengewicht	43	g/m ²		D, AT, NL
Papiergewicht pro Seite	2,5	g		D, AT, NL
Papier Sorte	Zeitungspapier recycelt			D, AT, NL
Druckverfahren			4c / Coldset-Rollenoffset	D, AT, NL
Bindung			ungebunden	D, AT, NL
Vertriebsform	Haushaltzustellung			D, AT, NL
Reichweite	2,72		Anzahl der Rezipienten pro Stück	D, AT, NL
Verhältnis redakt. Text - Anzeigen entspricht Anzeigen-größe	86% zu 14% 179	cm ²		D, AT, NL
Mittlere Anzeigengröße	90	cm ²	Berechneter Wert	
Anzahl von Werbe-plätzen pro Stück	k.A.			
Impressionen pro Zeitungsseite	2			Schätzwert

Werbebanner (jpg, png, gif)

Downloadgröße (Browseransicht)	300	kB		
Betrachtungsdauer	2,5	Sekunden*		
Vertriebsform	Online-Auslieferung mittels http via Content Delivery Network (CDN)			
Serverstandort	Mitteleuropa			D, AT, NL, CH
Ort des Medien-konsums	Mitteleuropa			D, AT, NL, CH
Reichweite	1	Rezipienten laden Websites jeweils individuell auf eigenes Anzeigegerät		
Impressionen pro Seite	2	Schätzwert Darstellung abhängig von Größe und Auflösung des Displays (Annahme: 20% der Bildschirmfläche für Werbe-Banner)		

Quelle: Verband Druck Medien Österreich auf Basis von aggregierten Branchendaten / * (Felser 2015)

Abbildung 2-2: Illustration von Anzeigen in einer Tageszeitung (links) versus Bannerwerbung auf einer Website (rechts)



Quelle: eigenes Foto

2.2.4 Systemgrenze

Die Systemgrenze legt fest, welche Prozessmodule in der THG-Bilanz enthalten sein müssen. Die Festlegung der Systemgrenze muss mit dem Ziel der Studie übereinstimmen. Im vorliegenden Fall umfasst die Systemgrenze den gesamten Lebenszyklus der Werbeträger (Prototypen), deren Zweck die Generierung von Impressionen ist. Die unterschiedliche physische Beschaffenheit und Nutzungsmodalitäten von Print- und Online-Werbung machen die Festlegung der Systemgrenze kompliziert, da diese für die Ermöglichung eines Vergleichs möglichst äquivalent sein sollte. Aufgrund der deutlichen materiellen Unterschiede sind auch die Systemgrenzen im hier betrachteten Fall der Print- und Online-Werbung völlig verschieden. Daher ist es notwendig, die Systemgrenzen beider Varianten der Werbung einerseits hinreichend weit zu fassen und andererseits auf die wesentlichen Einflussfaktoren zu fokussieren. Zur Reduktion der Komplexität des THG-Modells müssen daher Aspekte mit verhältnismäßig geringem Einfluss auf das Ergebnis aus der Systemgrenze ausgeklammert werden (siehe Abschnitt 0 Abschnidekriterien).

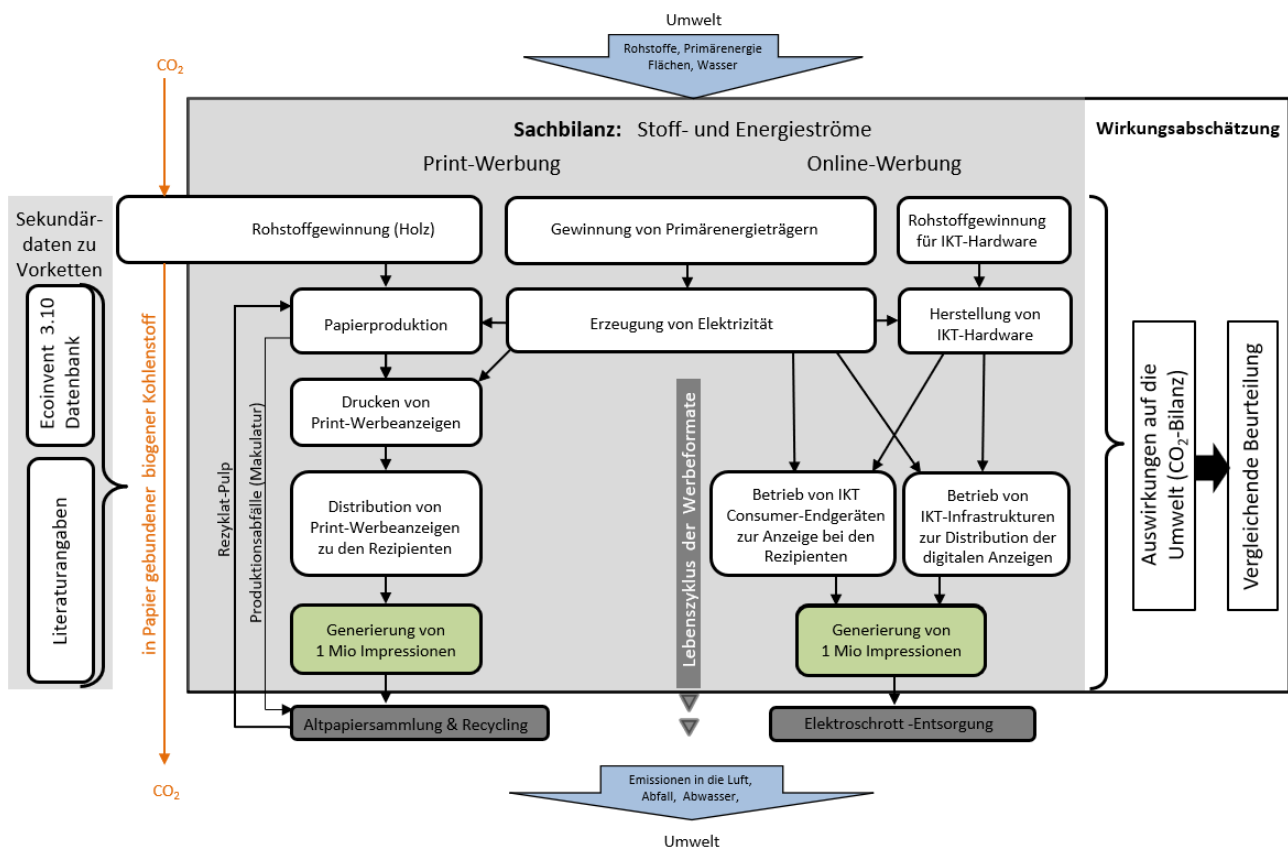
Für beide Vergleichsgegenstände (Werbeträger der Print- bzw. Online-Werbung) berücksichtigt die Systemgrenze die Vorketten der Herstellungsprozesse für die physischen Träger (Papier, Digitale Hardware) sowie die Vorketten der Energieproduktion der Distribution und Lagerung, der Nutzungsphase sowie der Entsorgung. Es handelt sich damit bei der vorliegenden Studie um eine Bilanz von der „Wiege bis zur Bahre“ (engl. „cradle-to-grave“).

- Bei Printwerbung fallen die Rohstoffherstellung (Holz und Pulp), die Papierherstellung aus Primär- und Sekundärpulp, der Druckprozess sowie die Distribution der Werbeträger in die zu betrachtende Systemgrenze. Für Print-Prospekte wurde der durchschnittliche Vertriebsweg von der Druckerei bis zur Auslage in Supermärkten berücksichtigt, nicht jedoch eine Haushaltzustellung, da hierzu keine Primärdaten zur Verfügung standen. Nicht berücksichtigt wird der Strombedarf für die künstliche Beleuchtung, während Rezipienten Printwerbung betrachten.
- Bei Online-Werbung umfasst die Systemgrenze die Herstellung von digitaler Hardware (z. B. Consumer-Endgeräte wie Laptop oder Smartphone), die Rechenzentren und Datennetzwerke zur Auslieferung der digitalen Werbeanzeigen. Außerdem enthält die Systemgrenze die Vorketten der Stromgenerierung zum Betrieb der digitalen Hardware für den Zweck der Anzeige von Online-Werbeanzeigen. Die Entsorgung digitaler Hardware als WEEE wird in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt, da diese auf das hier untersuchte Wirkungskategorie „THG-Potenzial“ eine untergeordnete Bedeutung hat (Busa 2019).

- Der Herstellungsprozess der Online-Medien unterscheidet sich von den Printmedien dadurch, dass die gesamte Prozesskette der Druckerei samt den vor- und nachgelagerten Prozessen (Papierproduktion, Papierrecycling) entfällt. Die Produktion der Werbeeinhalte (Redaktionsarbeit, Satz etc.) erfolgt in beiden Varianten mit digitalen Hilfsmitteln (Computer, Netzwerkkomponenten). Da sich diese Prozessschritte kaum unterscheiden, werden sie in dieser Studie zum Zwecke der Vereinfachung ignoriert (siehe Abschnitt 0). Für die Distribution von Online-Medien über digitale Netze sind im Wesentlichen zwei Systemkomponenten von Bedeutung: 1) die digitalen Netzinfrastrukturen des Internets (einschließlich Rechenzentren, kabelgebundene oder mobile Datenübertragungsnetze) und 2) die Endgeräte der Rezipienten, die für den Abruf, die Verarbeitung und die Darstellung der digitalen Inhalte erforderlich sind. Für beide Systemkomponenten gilt, dass die beteiligten Geräte und Netzkomponenten auch Datenverkehr realisieren, der anderen Zwecken als der Übertragung der hier betrachteten Werbeeinhalte dient. Dies erfordert ebenfalls eine Allokation der für ihren Betrieb erforderlichen Energie- und Hardwareressourcen.

Bei der Festlegung zur Sachbilanz wurde geprüft, welche Teilprozesse innerhalb des Produktionssystems in Bezug auf unterschiedliche Sachbilanzindikatoren (Material-, Flächen-, Energieverbrauch etc.) besonders relevant sind. Bei der Sachbilanz wurden die dargestellten Prozessmodule einbezogen. Für diese Prozessmodule wurde die Verfügbarkeit von qualitativen und quantitativen Daten geprüft. Für die im Zuge der Datenerhebung identifizierten Datenlücken erfolgt eine transparente Dokumentation. Fehlende Daten und Informationen werden nach dem in Abschnitt 2.2.8 dargestellten Vorgehen abgeschätzt.

Abbildung 2-3: Systemgrenze dieser Studie



Quelle: Eigene Darstellung

Die dargestellten Überlegungen basieren auf der Annahme, dass den verschiedenen Webträgern grundsätzlich gleiche Nutzungseigenschaften in Hinblick auf die Erzeugung von Impressionen bei den Rezipienten zugemessen werden.

Die Systemgrenze der vorliegenden THG-Bilanz endet für die Online-Werbung bei der Anzeige der Impression auf dem Display, eine Entsorgung von digitalen Inhalten (im Sinne des Zeitbedarfs zum Freigeben von digitalen Speichervolumen oder dem Löschen von Cookies, Caches u. dgl.) wird nicht berücksichtigt.

Die in Abbildung 2-3 dargestellte Systemgrenze verallgemeinert verschiedene Varianten von Werbeträgern und die zu ihrer Funktion notwendigen Komponenten. Dabei werden jedoch Teilprozesse vernachlässigt, die entweder für Printwerbung nicht anwendbar sind (n.a.) oder im Gesamtkontext des Lebenszyklus als relativ unbedeutend für das Endergebnis angesehen werden (vgl. Tabelle 2-4).

Tabelle 2-4: Prozesse, die in dieser Studie nicht berücksichtigt wurden

Prozessname	Printwerbung	Online-Werbung
Produktion der Werbeinhalte	x	x
Produktion von redaktionellen Inhalten	x	x
Layout / Satz bzw. Web-Design	x	x
Vermarktung von Werbeplätzen	x	x
Lazy Loading	n.a.	x
Tracking von Usern, Retargeting etc.	n.a.	x
Werbe-Individualisierung	n.a.	x
Browser-Fingerprinting & Event-Tracking	n.a.	x
Social Media Erweiterungen	n.a.	x
Abo-Verwaltung, Login und Bezahlfunktionen, Verschlüsselung	x	x
Nutzungsphase: Raumbeleuchtung	x	x
Abfallentsorgung (Altpapier, e-Waste)	x	x

Quelle: Eigene Darstellung

Der geografische Geltungsbereich der Systemgrenze erstreckt sich bei beiden Vergleichssystemen (Printwerbung/Onlinewerbung) auf den DACH-Raum (Österreich, Deutschland, Schweiz) und die Niederlande. Dies ist vor allem in Hinblick auf den zugrunde gelegten Strommix von Bedeutung. Da keine empirische Datengrundlage zur Verteilung der Auflagen (print) bzw. Downloadzahlen (online) pro Land verfügbar war, wurde der Strommix der betreffenden Länder anteilig wie folgt aufgeteilt: D (40 %), A (20 %), CH (20 %), NL (20 %). Die Papierherstellung wurde mit dem jeweiligen Strommix des Ortes der Papierherstellung laut Paperprofiles modelliert. Im Fall der Online-Werbung liegt bei den aus Literaturquellen herangezogenen Daten zu Hintergrundprozessen betreffend Telekommunikation und Rechenzentren der Schwerpunkt auf Deutschland und der EU.

2.2.5 Abschneidekriterien

Im Rahmen der Bilanzierung werden Regeln definiert, die festlegen, bis zu welchem Detaillierungsgrad Stoff- und Energieströme in die Bilanz einbezogen oder ausgeschlossen werden. In der Regel werden THG-Potenziale, die das Gesamtergebnis nur marginal beeinflussen, nicht berücksichtigt. So können z. B. Energie- und Stoffströme unterhalb eines bestimmten Anteils ausgeschlossen werden, um die Komplexität der Untersuchung auf ein handhabbares Maß zu reduzieren. Diese Auslassungen werden als Abschneidekriterien bezeichnet. Sie legen eine Relevanzschwelle fest, unterhalb derer eine Stoffmenge, ein Energiefluss oder ein Umweltaspekt, der mit Prozessmodulen oder Produktsystemen verbunden ist, aus der Untersuchung auszuschließen ist (DIN EN ISO 14040:2021).

Die im Rahmen der THG-Bilanz angewandten Abschneidekriterien müssen ebenso wie die Annahmen, unter denen diese aufgestellt werden, eindeutig beschrieben werden. In der Praxis gibt es mehrere Abschneidekriterien für die Entscheidung, welche Inputflüsse in die Abschätzung einzubeziehen sind, wie z. B. Masse, Energie und THG-Potenzial (vgl. DIN EN ISO 14040:2021).

- **Masse:** Bei der Anwendung der Masse als ein Kriterium ist die Aufnahme aller Inputs in die Studie erforderlich, die kumulativ mehr als 5 % Anteil zum Masseninput des zu modellierenden Produktsystems beitragen.
- **Energie:** In gleicher Weise ist bei der Anwendung der Energie als ein Kriterium die Aufnahme aller Inputs in die Studie erforderlich, die kumulativ mehr als 5 % Anteil zum Energieinput des Produktsystems beitragen.
- **Umweltrelevanz:** Die Umweltrelevanz dient insofern als Kriterium, als dass die Aufnahme aller Inputs in die Studie erforderlich ist, die kumulativ mehr als 5 % Anteil zum Gesamtergebnis der ausgewerteten Wirkungsindikatoren des Produktsystems beitragen.

Für bestimmte Materialinputs sind keine spezifischen Informationen verfügbar. Das betrifft beispielsweise die genaue Zusammensetzung von IKT-Geräten nach Gewichtsanteilen. Entsprechend wurden hier generische Literaturangaben auf Basis von (Gröger 2020) zugrunde gelegt.

Ebenfalls nicht modelliert wird die Entsorgung von Produktionsabfällen (Makulatur) und von Post-Consumer-Altpapier. Dies resultiert aus dem Umstand, dass die zur Berechnung der Produktion verwendeten Sachbilanzdaten auf Basis der Umweltproduktdeklarationen der betreffenden Papiersorten (Recyclingpapier) diese Recyclingprozesse bereits beinhalten. Um eine Doppelzählung zu vermeiden, werden die THG-Potenziale des Papierrecyclings zu 100 % dem Inputmaterial (Recycling-Pulp) zugeordnet, während die THG-Potenziale der Altpapierentsorgung und des Recyclings zu 100 % dem nachfolgenden Verwendungszyklus zugeordnet werden (daher 0 % im hier betrachteten System).

2.2.6 Verfahren zur Allokation von THG-Potenzialen auf den Untersuchungsgegenstand

2.2.6.1 Implizite Allokation in den verwendeten Hintergrunddatensätzen

Als implizite Allokation werden in dieser Studie Allokationen verstanden, die bereits bei der Erstellung von Datensätzen aus Hintergrunddatenbanken (z. B. ecoinvent V3.10) vorgenommen wurden. Für die vorliegende Studie wurden ausschließlich Datensätze mit einem einheitlichen Allokationsmodell berücksichtigt. Konkret wurden in der vorliegenden Studie ausschließlich

Datensätze der Datenbank ecoinvent V3.10 verwendet, die dem Systemmodell „Allocation at Point of Substitution (APOS)“ entsprechen. Die Allokation am Ort der Substitution (Allocation at the Point of Substitution, kurz APOS) ist ein Allokationsansatz, der die Erweiterung von Produktsystemen nutzt, um eine Zuteilung innerhalb von Behandlungssystemen zu vermeiden. APOS wurde so konzipiert, dass solche Zuweisungen im Allgemeinen vermieden werden und stattdessen werthaltigen Koppel- bzw. Nebenprodukten zugewiesen werden können. Die impliziten Allokationen innerhalb der verwendeten Datensätze können deren jeweiliger Dokumentation entnommen werden. Die Dokumentation der verwendeten ecoinvent-Datensätze kann nach einem entsprechenden Login auf der ecoinvent-Website abgerufen werden².

2.2.6.2 Allokation auf Ebene der untersuchten Produktsysteme

Werbeanzeigen im Print- und Onlinebereich sind selten die einzige Funktion des von den Rezipienten genutzten Mediums. So ist eine Werbeanzeige in einer gedruckten Tageszeitung oder einem Printmagazin nur ein Teil des gesamten vom Rezipienten genutzten Produkts. Das gleiche gilt für Online-Werbung: die Werbebanner sind in die Umgebung anderer digitaler Inhalte eingebettet.

Darüber hinaus gilt für beide Werbeformen, dass der Anwendungsnutzen durch die Generierung von Impressionen primär für die Werbetreibenden entsteht, während die Rezipienten dies selten als primären Nutzen der Betrachtung von Zeitungen und Websites wahrnehmen. Vielmehr sind die Rezipienten primär an den redaktionellen Inhalten der Medien interessiert und es müssen verschiedene Techniken eingesetzt werden, um die Aufmerksamkeit der Rezipienten auf die Werbeinhalte zu lenken. Die Generierung von Werbeimpressionen hat daher für die Rezipienten allenfalls eine indirekte ökonomische Funktion, z. B. ein geringerer Kaufpreis oder die kostenlose Darstellung redaktioneller Inhalte im Gegensatz zu werbefreien Angeboten mit Paywall.

Die hier betrachteten Werbeanzeigen stellen lediglich einen Teilaspekt der Gesamtprodukte dar – das muss bei der Bewertung berücksichtigt werden. Eine Differenzierung der THG-Potenziale dieser Produkte von derjenigen des sie umgebenden Mediums ist jedoch nicht ohne weiteres möglich. Das THG-Potenzial der Werbe-Impressionen kann folglich nur im Kontext der Medien, in welche sie eingebettet sind, ermittelt werden. Dies gilt insbesondere für den Vergleich der beiden Werbeformate Print- und Online-Werbung. Derartige mit dem Lebensweg des Untersuchungsgegenstands zusammenhängende Elemente werden als **Koppelprodukte** bezeichnet. In der gängigen ökobilanziellen Praxis werden Allokationsregeln für die Bewertung von Koppelprodukten festgelegt. Diese beschreiben eindeutig, welcher Anteil der Umweltlasten eines Produktsystems auf den Untersuchungsgegenstand und welcher den Koppelprodukten zugerechnet wird. Dabei ist diese Aufteilung anhand plausibler Kriterien zu beschreiben. Typischerweise werden in Ökobilanzen physische und / oder ökonomische Allokationsverfahren angewendet. Für das Basisszenario der vorliegenden THG-Bilanz wurden die folgenden Allokationsregeln bei Multi-Output-Prozessen angewandt (vgl. Tabelle 2-6).

Um die THG-Potenziale der Werbe-Impressionen adäquat vergleichen zu können, müssen diese anteilig zu den sie einbettenden Medien betrachtet werden. Die entsprechenden Anteile basieren auf Allokationsregeln, die im Folgenden dargestellt werden:

² <https://ecoquery.ecoinvent.org/Account/LogOn?ReturnUrl=%2f>; zuletzt abgerufen am 17.10.2024

Tabelle 2-5: Allokationen bei den untersuchten Werbeträgern (Prototypen)

Printwerbung

24-seitiges Prospekt (beidseitig bedruckt) zur Auslage in Supermärkten	Jede Prospektseite generiert 1 Impression, unabhängig davon, wie viele Anzeigen pro Seite dargestellt sind. Aufgeklappte gegenüberliegende Innenseiten generieren 2 Impressionen
Anzeigenplätze integriert im redaktionellen Teil einer generischen Tageszeitung	Jede Seite einer Tageszeitung enthält Anzeigenplätze im Verhältnis von 14% zu 86% gegenüber redaktionellen Texten. Es wird angenommen, dass pro Seite 2 Anzeigen sichtbar sind, die dementsprechend 2 Impressionen generieren.
Online-Werbung	
Generische pdf-Datei zur Anzeige im Webbrowser im Rahmen einer HTML-Website bzw. Online-Plattform	Im Browser bzw. PFD-Reader wird jeweils eine Seite des pdf angezeigt, unabhängig vom Zoomfaktor auf dem Display des Anzeigegeräts und dessen Auflösung, und wie viele Anzeigen pro Seite dargestellt sind. -> Jede Prospektseite generiert 1 Impression.
Statischer Werbebanner, eingebunden auf einer generischen HTML-Website mit redaktionellen Inhalten	Für die Darstellung von Werbebannern im Kontext einer Online-Tageszeitung wird ebenfalls ein 14% zu 86% Verhältnis von Bannern redaktionellen Texten angenommen. Es wird ferner angenommen, dass nur die Titelseite (landing page) geladen wird und diese 2 Werbebanner auf dem Display des Endgerätes anzeigt. Dementsprechend werden 2 Impressionen generiert.

Quelle: eigene Darstellung

2.2.6.3 Allokationsverfahren bei Printwerbung

Der Prozess der Printproduktion umfasst mehrere Teilprozesse, bei denen als sogenannte Multi-Output-Prozesse nicht nur ein Produkt, sondern mehrere, zum Teil sehr unterschiedliche Koppelprodukte entstehen. Die Druckerei als Ganzes wird dagegen in der Regel nicht nur für die Produktion eines Printmediums genutzt. Dementsprechend ist im Produktionsprozess einer Druckerei eine unterschiedliche Anzahl von Koppelprodukten, d. h. anderen Druckerzeugnissen, zu berücksichtigen. Der Anteil dieser Koppelprodukte an den Input- und Outputströmen in der Sachbilanz einer Druckerei hängt neben der Größe und Spezialisierung der Druckerei auch von der jeweiligen Auftragslage, d. h. dem aktuellen Marktumfeld ab. Aus diesem Grund wird in dieser Studie eine mengenbasierte Allokationsregel angewendet. Aufgrund der Vielzahl der an der Datenerhebung für diese länderübergreifende Studie beteiligten Druckereien erfolgte die Umsetzung der mengenbasierten Allokationsregel bereits im Stadium der Datenerhebung bei den Druckereien. Je nach Datenverfügbarkeit basiert die Zuordnung entweder auf der jährlichen Tonnage des bedruckten Papiers oder auf der anteiligen Stückzahl der Druckerzeugnisse (Auflage) im Verhältnis zur bedruckten Fläche. Die Zuordnung der von den Druckereien üblicherweise erhobenen Standortbilanzdaten auf die Sachbilanzen der hier betrachteten Druckprodukte (Prospekte, Tageszeitungen) erfolgt somit im Verhältnis zu den jeweiligen Koppelprodukten. Auf Basis der verfügbaren Primärdaten wurde die Sachbilanz zudem als Branchendurchschnitt errechnet.

Redaktionelle Inhalte in Printmedien, die auch Anzeigen enthalten, gelten als Koppelprodukt, da sie denselben Herstellungsprozess wie die Werbeanzeigen durchlaufen und von den Rezipienten in Kombination mit diesen angeschaut werden. Innerhalb der Systemgrenze der vorliegenden Studie gilt dies ausschließlich für die Herstellung von Zeitungen, da Prospekte keine redaktionellen Beiträge enthalten. Die Berücksichtigung redaktioneller Inhalte ist im Rahmen der Untersuchung nicht möglich, da der Untersuchungsrahmen und die limitierte Datengrundlage eine solche Betrachtung

nicht zulassen. Stattdessen wurden die Werbeanzeigen anhand ihres prozentualen Flächenanteils in Zeitungen separat modelliert.

Ausgehend von der Funktionellen Einheit („1 Mio. Impressionen“) und der empirisch ermittelten Reichweite der Medien, die die Werbeanzeigen enthalten, gelten folgende Annahmen zur Allokation:

- Werbeanzeigen des Typs Prospekt (print):
 - Die Herstellung der Prospekte erfolgt zu 100 % zum Zwecke der Erzeugung von Werbe-Impressionen. Koppelprodukte sind in diesem Fall nicht bekannt.
 - Innenseiten der Prospekte generieren zwei Werbe-Impressionen (linke / rechte Seite).
 - Die Reichweite bestimmt, wie viele Rezipienten eine Werbeanzeige im Durchschnitt betrachten. Abhängig davon kann eine gedruckte Anzeige mehrere Impressionen generieren. Als Annahme wird hier der Faktor 1,9 genutzt (eine Impression wird durchschnittlich von 1,9 Rezipienten betrachtet).³
 - Flugblätter gelten hier als Sonderform der Prospekte; sie bestehen nur aus einem Blatt beidseitig bedrucktem Papier. Jede Seite generiert eine Impression.
- Werbeanzeige in einer Tageszeitung
 - Im Kontext einer generischen Tageszeitung nehmen die darin enthaltenen Werbeanzeigen durchschnittlich 25 % der bedruckten Fläche zum Zwecke der Erzeugung von Werbe-Impressionen in Anspruch⁴ (BDZV undatiert). In Abweichung von dieser Literaturangabe wurde von den auftraggebenden Verbänden für Tageszeitungen ein Flächenverhältnis von 14 : 86 zwischen Werbeanzeigen und redaktionellen Beiträgen genannt. Die redaktionellen Teile einer Tageszeitung gelten als Koppelprodukt, welches nach Allokation auf Basis des Flächenanteils einen Anteil von 86 % der THG-Potenziale trägt.
 - Die Reichweite der Tageszeitung bestimmt, wie viele Rezipienten eine Werbeanzeige im Durchschnitt betrachten. Abhängig davon kann eine gedruckte Anzeige mehrere Impressionen generieren. Als Annahme wird hier der Faktor 2,72 angesetzt ⁵.

Tabelle 2-6: Allokationsregeln bei Printwerbung

Multi-Output-Prozess	Werbeanzeige des Typs Prospekt (print = online)	Werbeanzeige in einer Tageszeitung (print = online)
Anteil der mit Werbung bedruckten Fläche (je Seite)	100 %	14 %
Koppelprodukt (redaktionelle Inhalte)	0 %	86 %
Reichweite	1,9	2,72

Quelle: eigene Zusammenstellung

³ Annahme gemäß Angaben der Auftraggeber

⁴ Als werbeführende Seite gilt eine Seite, wenn mindestens 25 Prozent ihrer Fläche mit Werbung bedeckt ist.

⁵ Annahme gemäß Angaben der Auftraggeber auf Basis einer Extrapolation der Mediennutzungsstatistik für Österreich (Arbeitsgemeinschaft Media-Analysen 2025) auf die DACH+NL Länder.

2.2.6.4 Allokationsverfahren bei Online-Werbung

Die Herausforderung bei Bilanzierung von digitalen Dienstleistungen besteht darin, dass die genutzten IKT-Kapazitäten (Anzeigegerät, Netzwerk und Rechenzentren) nicht vollständig von nur einer einzelnen digitalen Dienstleistung in Anspruch genommen werden. Die THG-Potenziale der beteiligten Geräte müssen auf eine Vielzahl von unterschiedlichen Diensten verteilt werden, die die IKT-Kapazitäten ebenfalls nutzen, teilweise gleichzeitig. Beispielsweise wird bei der Übertragung einer Datenmenge über das Netzwerk nicht das gesamte Netzwerk genutzt, sondern nur ein kleiner Teil davon.

Zur Allokation werden im Rahmen dieser Untersuchung verschiedene Verteilungsschlüssel verwendet. Die Allokationsparameter beziehen sich jeweils auf die Funktionelle Einheit innerhalb des Betrachtungszeitraums:

- Endgeräte: Allokation anhand der Zeitdauer, die das Gerät aktiv zum Lesen/Anschauen des digitalen Inhalts genutzt wird (Gerät im Betriebszustand) [Stunden],
- Netzwerk: Allokation anhand der übertragenen Datenmenge [Gigabyte],
- Rechenzentrum: Allokation der erbrachten Dienste anhand der übertragenen Datenmenge [Gigabyte],
- Externe IT-Dienstleistungen: Allokation anhand von Kosten [EUR].

Redaktionelle Inhalte in Online-Medien, die auch Werbebanner enthalten, gelten als Koppelprodukt, da sie von den Rezipienten in Kombination mit diesen angeschaut werden. Wie bei Printmedien ist jedoch auch bei Online-Medien eine Berücksichtigung redaktioneller Inhalte im Rahmen der Untersuchung nicht möglich, da der Untersuchungsrahmen und die limitierte Datengrundlage eine solche Betrachtung nicht zulassen. Stattdessen wird hierbei der volumenbasierte Anteil des für Werbebanner übertragenen Datenvolumens an der Gesamtkapazität verwendet, um diese separat zu modellieren. Dies spiegelt sich in den zur Berechnung herangezogenen Leistungsindikatoren wider. Bezüglich der Nutzung von Endgeräten der Rezipienten wurde hingegen eine zeitbezogene Allokationsregel angewendet, die die angenommene aktive Gesamtnutzungszeit der Endgeräte als Referenzwert (100 %) in Betracht zieht. Die Zuordnung der erforderlichen Energie- und Hardwareressourcen für die Rezeption der Werbeinhalte erfolgt hier über den angenommenen Zeitanteil der Betrachtung von Impressionen.

Multi-Output-Prozesse werden im Rahmen der vorliegenden Studie wie folgt berücksichtigt:

- Werbeanzeigen des Typs Prospekt (print):
 - Das Online-Prospekt (pdf) hat eine Reichweite von 1 pro Aufruf bzw. Download.
- Werbeanzeige in einer Online-Tageszeitung
 - Die Online-Variante (http-Website) hat eine Reichweite von 1 pro Aufruf bzw. Download.

Tabelle 2-7: Allokationsregeln bei Online-Werbung

Multi-Output-Prozess	Werbeanzeige in Form eines pdf-Prospekts	Werbeanzeige des Typs Bannerwerbung in einer Online-Tageszeitung
Anteil der für die Werbung genutzten Bildschirmfläche	100%	20%
Zeitdauer zur Betrachtung einer angezeigten Impression	10 sec	2,5 sec
Reichweite	1	1

Quelle: eigene Zusammenstellung

* Anmerkung: Das in der Sachbilanz betrachtete Datenvolumen der Werbung beinhaltet auch gesendete Trafik- und Telemetriedaten

2.2.7 Methode für die Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung orientiert sich an den Vorgaben der Norm (DIN EN ISO 14040:2021). Das Treibhauspotenzial (THG) (englisch: Global Warming Potential (GWP)) gibt an, wie stark die Atmosphäre durch menschliche Emissionen erwärmt wird. Es ist damit ein wesentlicher Indikator für den Treibhauseffekt. Die Emissionen der klimawirksamen Gase werden genau bilanziert und entsprechend ihrem spezifischen Treibhauspotenzial zum gesamten Treibhauspotenzial charakterisiert. Das spezifische Treibhauspotenzial beschreibt die Treibhauswirkung verschiedener Gase (z. B. Methan und Lachgas) im Verhältnis zu Kohlendioxid (CO₂), wobei die entsprechenden Werte in CO₂-Äquivalenten (CO₂e) angegeben werden.

Grundlage für die Berechnungen bildet der fünfte Sachstandsbericht des IPCC (2013). Die dort veröffentlichten Werte bilden die Berechnungsgrundlage für die meisten Angaben zum CO₂ Footprint der Herstellung und Betrieb digitaler Technik und Emissionsfaktoren für Strom, die aus externen Quellen in diese Studie übernommen wurden. Die zwischenzeitlich überarbeiteten und im sechsten Sachstandsbericht des IPCC (2021) dargestellten Werte für Treibhausgaspotenziale werden zugunsten der Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen zur Online-Werbung nicht verwendet.

Biogener Kohlenstoff, also organisches Material (wie z. B. Zellulose), das durch Photosynthese von Pflanzen aus CO₂ der Luft entsteht, wird in dieser Studie als klimaneutraler Rohstoff betrachtet (CO₂ Senke beim Biomassewachstum (Holz) ist gleich der CO₂ Freisetzung bei der Biomasseverbrennung). Diese Festlegung steht im Einklang mit der üblichen Methodik für Umweltproduktdeklarationen (EPD) für Papier und anderen Ökobilanzen zu Printprodukten.

Neueren Untersuchungen zufolge kann nicht mehr a priori davon ausgegangen werden, dass Holz ein klimaneutraler Rohstoff ist. So nimmt beispielsweise die Senkenfunktion des Waldes hinsichtlich der CO₂-Bindung aus der Atmosphäre bei stark bewirtschafteten Wäldern ab (Fehrenbach et al. 2022). In den bislang durchgeführten Treibhausgasbilanzen von Holz und Folgeprodukten wie Papier wird die Dynamik der Kohlenstoffspeicherung in Wäldern, die sich in der sogenannten Kohlenstoffspeicherbilanz in Wäldern (CSBF) ausdrücken lässt, bislang überwiegend nicht berücksichtigt. Fehrenbach et al. (2022) stellen in ihrer Veröffentlichung eine Methode vor und präsentieren die Ergebnisse für mehrere Produktgruppen. In der vorliegenden Studie konnte die Minderung der Senkenfunktion des Waldes und der daraus resultierenden Konsequenzen für den Carbon Footprint der Bedruckstoffe (Papier) aufgrund abweichender Parameter (beispielsweise zeitlicher Betrachtungsraum) nicht berücksichtigt werden. Bei der Interpretation der

Studienergebnisse und der Ableitung von Schlussfolgerungen muss dieser Aspekt berücksichtigt werden, da er die Annahme zur Klimaneutralität des nachwachsenden Rohstoffes Holz beeinflusst.

2.2.8 Datentypen und -quellen, sowie Anforderungen an die Datenqualität

Die für eine THG-Bilanz ausgewählten Daten hängen vom Ziel und Untersuchungsrahmen der Studie ab. Diese Daten können an den Produktionsstandorten gesammelt werden, die den Prozessmodulen innerhalb der Systemgrenze zugeordnet sind, oder sie können anderen Quellen entnommen oder aus diesen errechnet werden. In der Praxis können alle Datenkategorien eine Mischung gemessener, errechneter oder geschätzter Daten enthalten.

Generell wurde bei der Konzeption und Aufwandskalkulation der vorliegenden Studie davon ausgegangen, dass sowohl für die Print- als auch die Online-Werbung der Auftraggeber die erforderlichen spezifischen Daten zur Verfügung stellen kann und dass das Öko-Institut als Ersteller der Ökobilanz keine Primärdaten erhebt. Im Rahmen der Durchführung der Studie stellte sich heraus, dass zu einigen relevanten Aspekten die Verwendung von Literaturdaten oder Daten aus EPD zu Einschränkungen führt. So wurde u.a. aus Gründen der Datenverfügbarkeit und Datenkonsistenz abweichend von der ursprünglichen Zielsetzung entschieden, statt einer Ökobilanz (mit einer Schar auszuwertender Wirkungsindikatoren) ausschließlich auf das GWP zu fokussieren. Weitere Einschränkungen werden jeweils in den betreffenden Abschnitten dargestellt und begründet.

2.2.8.1 Anforderungen an die Datenqualität

Die Festlegung von eindeutigen und einheitlichen Datenqualitätsanforderungen ist notwendig, um das Ziel und den Untersuchungsrahmen einer THG-Bilanz erfüllen zu können. Diesem Arbeitsschritt kommt in Bezug auf die Vergleichsrechnung von Print- und Online-Werbung eine hohe Bedeutung zu, weil sich die im Lebenszyklus beteiligten Prozesse in beiden Systemen stark unterscheiden. In Anlehnung an die Vorgaben der DIN EN ISO 14040:2021 kommen die in Tabelle 2-8 genannten Anforderungen an die Datenqualität zur Anwendung. Entsprechend der Vorgaben der DIN EN ISO 14044:2021 muss die Datenqualität durch bestimmte Kennwerte festgelegt werden, die sowohl quantitative als auch qualitative Aspekte sowie die Verfahren zur Sammlung und Verwendung dieser Daten beschreiben.

Tabelle 2-8: Festlegung von Anforderungen an die Datenqualität

Bezeichnung	Erläuterung	Beispiel
Zeitbezogener Erfassungsbereich	Beschreibt das Alter der Daten, die herangezogen werden dürfen	Emissionsfaktoren nationaler Strommixe
Geografischer Erfassungsbereich	Geografischer Bereich aus dem Daten für Prozessmodule gesammelt werden sollten	Berücksichtigter Zielmarkt der Werbung (DACH-Länder + NI)
Technologischer Erfassungsbereich	Beschreibt die spezifische Technologie oder aber einen bestimmten Technologiemix	Daten zu technischen Prozessen in Druckereien und Netzwerkinfrastrukturen
Vollständigkeit	Beschreibt den prozentualen Anteil eines Energie- oder Materialflusses der gemessen oder geschätzt wird	Berücksichtigung der energieverbrauchsrelevanten Kernprozesse in Druckereien und Papiersorten
Repräsentativität	Beschreibt als qualitative Einschätzung den Grad, in dem die herangezogene	Repräsentativität der erfassten Daten zu Prototypen (Printbereich) für Produkte am Markt.

Bezeichnung	Erläuterung	Beispiel
	Datenmenge die wahre Grundgesamtheit widerspiegelt	
Konsistenz	Beschreibt als ebenfalls qualitative Einschätzung, ob die Methode der Studie auf die verschiedenen Komponenten der Analyse einheitlich angewendet werden	Die Verschiedenartigkeit der Datenquellen aus unterschiedlichen Technologiesektoren (Print / digital) ist zu berücksichtigen
Reproduzierbarkeit	Beschreibt qualitativ, inwiefern ein unabhängiger Ersteller mit den dokumentierten Methoden und Datenwerte die in der Studie angegebenen Datenwerte reproduzieren kann	Errechnung von Kennzahlen zum Branchendurchschnitt (Print / digital) auf Basis transparenter Primärdaten.
Datenunsicherheit	Berücksichtigt die Unsicherheit der Information bei den verwendeten Daten, Modellen und Annahmen	Datenlücken zu einzelnen Unterprozessen

Quelle: eigene Zusammenstellung auf Basis von DIN EN ISO 14044 (DIN 2021)

Unter Berücksichtigung der in Tabelle 2-8 dargestellten Anforderungen an Datenquellen und Datenqualität wurde entschieden, dass, soweit möglich, Daten Vorrang haben, die von den auftraggebenden Verbänden auf Basis von in kooperierenden Druckereien erhobenen Daten zum Druckprozess bereitgestellt wurden. Diese Vorgehensweise dient in erster Linie der transparenten Darstellung der Datengrundlage und entspricht den Zielen der vorliegenden Untersuchung. Für die Herstellung von Vorprodukten (z. B. Papierherstellung) wurde auf Daten aus Umweltproduktdeklarationen (EPD) betreffender Papiersorten zurückgegriffen. Für andere am Markt zugekaufte Vorprodukte wurden Datensätze aus ecoinvent Version 3.10 herangezogen. Dabei wurde berücksichtigt, dass ecoinvent V3.10 eine breite Verfügbarkeit für die vorliegende Untersuchung relevanter Datensätze enthält; diese in Hinblick auf Systemgrenzen (inkl. implizite Allokationen) und in Bezug auf die Wirkungsabschätzung in sich konsistent verwendet werden können und eine vergleichsweise ausführliche und transparente Dokumentation vorliegt.

Zum Zwecke einer transparenten Dokumentation der jeweiligen Datenherkunft wurde eine Codierung gemäß des in Tabelle 2-9 dargestellten Datenherkunftsindex (DHI) verwendet.

Tabelle 2-9: Datenherkunftsindex (DHI)

Datenherkunft	Datenentstehung	Datentyp
B: Betrieb	I: gemessen	e: Einzelwert
L: Literatur	II: berechnet	m: Mittelwert aus mehreren Einzelwerten
X: andere Quellen	III: geschätzt	x: andere

Quelle: eigene Zusammenstellung

Entsprechend Tabelle 2-9 sind folgende in der Studie verwendeten DHI hervorzuheben:

- BIIIm: berechneter Mittelwert (Median) aus den Input- / Output-Daten verschiedener Druckereien, die von den auftraggebenden Verbänden aus Meldungen von Mitglieds- und kooperierenden Unternehmen zusammengestellt wurden.
- LIIx: Die Datengrundlage basiert auf Literaturangaben, Modellrechnungen sowie stichprobenhaften Messungen von exemplarischen Datenübertragungsvolumina.

Für die vorliegende produktbezogene THG-Bilanz, die als „attributive Ökobilanz“ modelliert wurde, wurden entsprechend ausschließlich solche Datensätze verwendet, die dem Systemmodell „Allocation at Point of Substitution (APOS)“ der Datenbank ecoinvent V3.10 entstammen oder aber einer Systemlogik folgen, die diesem Allokationsansatz methodisch entspricht.

2.2.8.2 Umgang mit fehlenden Daten

Die Erhebung der primären Datengrundlage zu den Herstellungsprozessen von Prospekten und Tageszeitungen wurde im Bereich Print von den auftraggebenden Verbänden vorgenommen. Fehlende Daten aus den Printprozessen sowie die Daten aus der Online-Werbung wurden anhand von Literatur, Datenbanken (z.B. ecoinvent) sowie vergleichbaren Studien recherchiert. Außerdem wurde im Rahmen eines limitierten empirischen Vorgehens Daten zu Dateigrößen und Datenübertragungsvolumina (Netzwerktrafik) durch direkte Messung an ausgewählten Beispielen von Online-Werbung durchgeführt. Diese Beispiele wurden entweder von Projektpartnern der Auftraggeber zur Verfügung gestellt oder in Anlehnung an das äquivalente Printprodukt im Bereich von Online-Medien ausgewählt. Bei der Modellierung wurde vor allem auf die energetischen Aufwendungen der entsprechenden Prozesse eingegangen, wobei eine Abschätzung vorgenommen wurde.

2.2.9 Vergleiche zwischen Werbung im Print- versus Online-Format

Entsprechend den Vorgaben der Norm DIN EN ISO 14044 muss bei einer vergleichenden Studie vor der Auswertung der Ergebnisse die Vergleichbarkeit der Systeme beurteilt werden (DIN EN ISO 14040:2021). Demzufolge ist der Untersuchungsrahmen der Studie so festgelegt, dass die Systeme direkt miteinander verglichen werden können. Der Vergleich von Printwerbung und Online-Werbung erfolgt daher unter Anwendung derselben funktionellen Einheit „1 Mio. Impressionen“ auf Basis von äquivalenten methodischen Festlegungen, wie z. B. Leistung, Systemgrenze, Datenqualität, Allokationsverfahren, Kriterien zur Beurteilung von Input- und Outputflüssen sowie zur Wirkungsabschätzung.

Für einen fundierten Vergleich der unterschiedlichen Verfahren (Print/Online) zur Generierung von Werbeimpressionen ist eine Bilanzierung nach dem "from-cradle-to-grave"-Ansatz erforderlich. Dazu sind alle relevanten Systembestandteile (siehe Abbildung 2-3) auf Basis der funktionellen Einheit so ausgewählt, dass sie aus Sicht des bereitgestellten Produktnutzens als funktional äquivalent angesehen werden können. Ein direkter Vergleich der verschiedenen Systeme auf Basis der gewählten funktionellen Einheit ist damit zulässig.

Zur Herstellung der Vergleichbarkeit zwischen Print- und Online-Werbung werden folgende Annahmen getroffen, die beide Formen der Werbung hinsichtlich der Erfüllung ihrer Funktion (Generierung von Impressionen) harmonisieren:

1. Eine Impression gilt als realisiert, wenn der Werbeeintrag den Rezipienten zu Ansicht gebracht wurde – weitergehende Interaktionen werden nicht nachverfolgt.
2. Es wird keine Unterscheidung hinsichtlich der physischen Größe der Werbeanzeigen im Moment ihrer Darstellung auf Print- oder digitalen Medien getroffen. Vielmehr bezieht sich die Vergleichsbasis auf die anteilige Fläche einer Werbeanzeige im Umfeld des sie enthaltenden Mediums (Zeitungsformat / Bildschirmgröße).

3. Die Dauer der Betrachtung ist lediglich bei Online-Werbung von Relevanz, da die Anzeige auf dem Display sowie die CPU / GPU-Leistung einen Energieverbrauch verursacht, der von der Zeit abhängt, in der sie angezeigt wird. Bei Printwerbung spielt die Betrachtungsdauer hingegen keine Rolle, da die Rezeption nicht mit einem Energieverbrauch einhergeht⁶.
4. Die Reichweite ist ein entscheidender Faktor bei Printmedien, da einige Exemplare im Durchschnitt von mehreren Personen betrachtet werden, während andere völlig ungelesen entsorgt werden. Im Gegensatz dazu lässt sich bei Online-Werbung davon ausgehen, dass der Aufruf eines Onlinemediums immer in der Generierung einer Impression für einen Rezipienten resultiert. In beiden Fällen wird jedoch nicht gemessen, ob die Rezipienten die Inhalte der Impressionen tatsächlich bewusst wahrnehmen.

2.2.10 Beitragsanalysen

Die Beitragsanalyse stellt die Ergebnisse nach den jeweils wesentlichen beitragenden Prozessen entlang des Lebenswegs dar. Zunächst werden die Ergebnisse der Beitragsanalyse jeweils gesondert für die einzelnen betrachteten Produktvarianten und für die ausgewertete Wirkungskategorie GWP gezeigt. Anschließend werden die Beiträge zum jeweiligen Gesamtergebnis vergleichend gegenübergestellt. Dies erlaubt Quervergleiche einzelner Beiträge und zwischen den Varianten. Zudem ist es möglich auch übergeordnete Vergleiche zum Einfluss verschiedener methodischer und modelltechnischer Festlegungen anzustellen.

3 Datengrundlage der Sachbilanz

In diesem Kapitel wird die Grundlage der Sachbilanz und die der Modellierung zugrundeliegende Datenbasis dokumentiert. Dabei werden die entsprechend den Festlegungen zur Systemgrenze zu berücksichtigenden Prozessmodule in Form jeweils eigener Abschnitte dargestellt.

3.1 Sachbilanz für Printwerbung

Die Sachbilanzdaten wurden von den Auftraggebern mittels Erhebungen bei Druckereien in vier mitteleuropäischen Ländern (Deutschland, Österreich, Schweiz, Niederlande) ermittelt und dem Öko-Institut in aggregierter Form zur Verfügung gestellt. Die vorliegende Datengrundlage fußt auf betriebsbezogenen Erfassungen von THG-Emissionen gemäß dem GHG-Protocol für die jeweiligen Druckereien. Die Erhebung dieser Primärdaten erfolgte durch die jeweiligen Druckereien. Diese betriebsbezogenen THG-Daten wurden von den Auftraggebern auf produktbezogene Datensätze umgerechnet. Die Berechnung basierte auf den Anteilen an Bedruckstoffen (Papier), die für das jeweils betrachtete Produkt (Prospekte/Tageszeitungen) im Vergleich zur Gesamtmenge der pro Druckerei jährlich verwendeten Menge an Bedruckstoffen. Für Prospekte stand eine Grundgesamtheit von 36 Datensätzen und für Tageszeitungen 15 Datensätze zur Verfügung.

Nach einer Konsistenzprüfung dieser Datengrundlage wurden die Sachbilanzdaten der jeweiligen Druckereien vom Öko-Institut mittels Median zu modellhaften Sachbilanzen für Prospekte und Tageszeitungen aggregiert. Die vorliegende Aggregation wurde auf Grundlage der seitens der Auftraggeber bereitgestellten Angaben zu den Eigenschaften typischer Prospekte und Tageszeitungen (sogenannte Prototypen) durchgeführt. Die Input- und Outputflüsse der Sachbilanz repräsentieren

⁶ Es wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die Printwerbung bei Tageslicht betrachtet wird bzw. die künstliche Beleuchtung nicht eigens für die Rezeption der Werbung eingeschaltet wird.

demnach keine konkreten Produkte, sondern abstrakte Werbeträger. Deren Eigenschaften lassen sich als branchentypische Prototypen beschreiben.

3.1.1 Papierherstellung für Printwerbung

Die in dieser Studie exemplarisch betrachteten Bedruckstoffe (Papier) für Prospekte und Tageszeitungen wurden von den Auftraggebern als repräsentativ für den Branchendurchschnitt festgelegt:

- Zeitung: „Norske Skog“ „Golbey NorX“ (Norske Skog 2024)
- Prospekte: „Stora Enso EnviPress“ (Stora Enso 2021)
- Zeitschriften: „UPM“ (UPM-Kymmene Corporation 2024a)

Die betrachteten Papiersorten bestehen aus unterschiedlichen Anteilen an rezyklierten Post-Consumer-Altpapier und -Frischfasern. Als Datenquellen für die THG-Potenziale der oben genannten Papiersorten dienen die jeweiligen Papierprofile bzw. Umweltproduktdeklarationen (EPD). Die EPD stellen auf Basis der Herstellerangaben die wesentlichen Umweltaspekte der Papiere in einem Cradle-to-Gate-Betrachtungsrahmen dar. Das heißt, die summarischen Umweltbelastungen der Rohstoff- und Papierproduktion inklusive der Verwertungsprozesse für Post-Consumer-Altpapier (diese gelten als Teil der Vorketten) sind berücksichtigt.

Das biogene Kohlenstoffinventar der Zellulosefasern, aus denen das Papier besteht, wird separat ausgewiesen. Es wird davon ausgegangen, dass der Werkstoff Zellulose hinsichtlich seiner biogenen Herkunft als CO₂-neutral zu betrachten ist (vgl. Wellenreuther et al. (2022)). Das bedeutet, dass keine GHG-Gutschrift für das Wachstum des Rohstoffs (Holz) erfolgt, da das während des Wachstumsprozesses durch Photosynthese aus der Atmosphäre entnommene CO₂ am Ende des Lebenszyklus wieder als CO₂ freigesetzt wird, wenn die nicht verwerteten Anteile des Altpapiers (ca. 20 % pro Zyklus) entweder in Müllverbrennungsanlagen verbrannt oder anderweitig kompostiert werden. Folglich wird das biogene Kohlenstoffinventar des Papiers im Rahmen dieser Studie nicht bilanziert. Die durch Forstwirtschaft mit Holzentnahme reduzierte Senkenleistung von Wäldern wurde im Rahmen dieser Studie nicht berücksichtigt, da Angaben zur geografischen Herkunft von Frischfaser-Rohstoffen nicht verfügbar waren (vgl. Abschnitt 2.2.7).

Tabelle 3-1 fasst die in den jeweiligen EPD betrachteten Umweltaspekte⁷ der Papiersorten für eine Bezugsgröße von 1 Tonne Bedruckstoff zusammen.

⁷ Der Scope der Paper-Profile-Methode, auf der die EPD basieren, umfasst nur die unmittelbaren Energieverbräuche und Emissionen der Papiermühle, nicht jedoch die Vorketten (Holzproduktion). Es wird daher zusätzlich der Rohstoffverbrauch des Frischfaseranteils berücksichtigt.

Tabelle 3-1: Sachbilanz der Papierherstellung für Printwerbung

Papiersorte	Menge	In LCA-Software modelliert als	Quellen
Stora Enso EnviPress 74 % Altpapieranteil	1t	SO ₂ : 0,004 kg/Tonne NO _x : 0,582 kg/Tonne CO ₂ (fossil): 248 kg/Tonne Stromverbrauch: 479 kWh/Tonne Papier (DE-Mix)	(Stora Enso 2021)
Norske Skog ⁸ „Golbey NorX“ 91 % Altpapieranteil	1t	SO ₂ : 0,01 kg/Tonne NO _x : 1,87 kg/Tonne CO ₂ (fossil): 89,6 kg/Tonne Stromverbrauch: 1254 kWh/Tonne Papier (DE-Mix)	(Norske Skog 2024)

3.1.2 Produktion der Printwerbung (Druckprozesse)

Die Produktion von Prospekten erfolgt typischerweise im Heatset-Rollenoffsetdruck auf holzhaltigem, ungestrichenem Papier. Dabei wurden die folgenden Input- und Outputströme entlang des Herstellungsprozesses ermittelt:

Tabelle 3-2: Sachbilanz für Printwerbung: Produktionsprozesse der Variante Prospekt

Papiersorte	Menge pro FU ⁸	In LCA-Software modelliert als	Datenherkunftsinde
Input			
Holzhaltiges ungestrichenes Papier (49g/m ²)	1528 kg	Papierprofil „Stora Enso EnviPress“ (siehe Tabelle 3-1) Mit Anteil von 26 % Frischfaser Pulp, modelliert als: market for pulpwood, softwood, measured as solid wood under bark pulpwood, softwood, measured as solid wood under bark APOS, U - Europe without Switzerland	BlIm
Elektrischer Strom	625 kWh	Mittelspannung mit Strommix der Länder Deutschland (40 %), Österreich (20 %), Schweiz (20 %), Niederlande (20 %) (market for electricity, medium voltage electricity, medium voltage APOS, U – (DE; AT; CH; NL)	BlIm
Erdgas	211 kWh	heat production, natural gas, at boiler condensing modulating >100kW heat, district or industrial, natural gas APOS, U - Europe without Switzerland	BlIm
Druckfarben	22,6 kg	market for printing ink, offset, without solvent, in 47.5 % solution state printing ink, offset, without solvent, in 47.5 % solution state APOS, U - RER	BlIm
Aluminium-Druckplatten	16 kg	market for aluminium, wrought alloy aluminium, wrought alloy APOS, U (copy) - GLO	BlIm

⁸ Funktionelle Einheit (FU) = 1 Millionen Impressionen

Papiersorte	Menge pro FU ⁸	In LCA-Software modelliert als	Datenherkunftsindex
Wasser	516 l	market group for tap water tap water APOS, U - RER	Bllm
Organische Lösemittel	2,2 kg	market for isopropanol isopropanol APOS, U - RER	Bllm
Reinigungsmittel	3 kg	market for cleaning consumables, without water, in 13.6% solution state cleaning consumables, without water, in 13.6 % solution state APOS, U - GLO	Bllm
Output			
Abwasser	376 l	market for wastewater, average wastewater, average APOS, U - Europe without Switzerland	Bllm
Papierabfälle (Makulatur)	308 kg	Nicht berücksichtigt (cut-off)	Bllm
Verpackungsabfälle	10 kg	treatment of waste paper, unsorted, sorting waste paper, unsorted APOS, U - Europe without Switzerland	Bllm
Gewerbemüll zur Beseitigung	2 kg	market group for municipal solid waste municipal solid waste APOS, U - RER	Bllm
gefährlicher Abfall	k.A.	Nicht berücksichtigt (cut-off)	Bllm
Alt-Druckplatten	16 kg	market for aluminium scrap, post-consumer, prepared for melting APOS, U - GLO	Bllm

Quelle: Verband Druck Medien Österreich auf Basis von aggregierten Branchendaten

Tageszeitungen werden mit dem 4c / Coldset-Rollenoffset-Verfahren auf rezykliertes Zeitungspapier gedruckt. Es wurden folgende Input-/Output-Ströme ermittelt:

Tabelle 3-3: Sachbilanz für Printwerbung: Produktionsprozesse der Variante Tageszeitung

Inputströme	Menge pro FU	In LCA-Software modelliert als	Datenherkunftsindex
Input			
rezykliertes Zeitungspapier (43g/m ²)	193 kg	rezykliertes Zeitungspapier „Norske Skog“ „Golbey NorX“ (siehe Tabelle 3-1) Mit Anteil von 9% Frischfaser Pulp, modelliert als: market for pulpwood, softwood, measured as solid wood under bark pulpwood, softwood, measured as solid wood under bark APOS, U - Europe without Switzerland	BIIm
Elektrischer Strom	127 kWh	Mittelspannung mit Strommix der Länder Deutschland (40%), Österreich (20%), Schweiz (20%), Niederlande (20%) market for electricity, medium voltage electricity, medium voltage APOS, U – (DE; AT; CH; NL)	BIIm
Erdgas	72 kWh	heat production, natural gas, at boiler condensing modulating >100kW heat, district or industrial, natural gas APOS, U - Europe without Switzerland	BIIm
Druckfarben	5,1 kg	market for printing ink, offset, without solvent, in 47.5% solution state printing ink, offset, without solvent, in 47.5% solution state APOS, U - RER	BIIm
Aluminium-Druckplatten	3,2 kg	market for aluminium, wrought alloy aluminium, wrought alloy APOS, U (copy) - GLO	BIIm
Wasser	111 l	market group for tap water tap water APOS, U - RER	BIIm
Organische Lösemittel	0,1 kg	market for isopropanol isopropanol APOS, U - RER	BIIm
Reinigungsmittel	0,7 kg	market for cleaning consumables, without water, in 13.6% solution state cleaning consumables, without water, in 13.6% solution state APOS, U - GLO	BIIm
Output			
Abwasser	111 l	market for wastewater, average wastewater, average APOS, U - Europe without Switzerland	BIIm
Papierabfälle (Makulatur)	68 kg	nicht berücksichtigt (cut-off)	BIIm
Verpackungsabfälle	0,0110 kg	market group for municipal solid waste municipal solid waste APOS, U - RER	BIIm
Gewerbemüll zur Beseitigung	0,0008 kg	market group for municipal solid waste municipal solid waste APOS, U - RER	BIIm
gefährlicher Abfall	0,0009 kg	nicht berücksichtigt (cut-off)	BIIm
Alt-Druckplatten	3,2 kg	market for aluminium scrap, post-consumer, prepared for melting APOS, U - GLO	BIIm

Quelle: Verband Druck Medien Österreich auf Basis von aggregierten Branchendaten

3.1.3 Transporte von Printwerbung

Die Verteilung von Printerzeugnissen ist in den vier betrachteten Ländern sehr unterschiedlich. In der Regel werden sie nach Verlassen des Werktores zunächst zu einem Zentrallager transportiert. Von dort aus gelangen die Waren dann in die regionalen Verteillager und von dort an ihre jeweiligen Bestimmungsorte. Die Sachbilanzdaten zu Transporten wurden durch Datenerhebungen der Branchenverbände bei Druckereien in Deutschland, den Niederlanden, der Schweiz und Österreich ermittelt. Dazu stellten die Auftraggeber Angaben zu den direkten Treibstoffverbräuchen für Transporte aus den Druckereibezogenen Datensätzen zur Verfügung (36 Datensätze für Prospekte; 15 Datensätze für Zeitungen). Zu den jeweiligen Transportdistanzen lagen keine Angaben vor.

Tabelle 3-4: Transport und Distanzen für ausgelieferte Printprodukte

Variante	Annahme zum Transport	Masse pro FU	Transportmittel	Kraftstoffverbrauch pro FU	Datenherkunftsindex
Prospekt	Vertrieb ab Druckerei an Supermärkte	1.551 kg	LKW	2,3 l Benzin 10,9 l Diesel	Blm
Tageszeitung	Vertrieb ab Druckerei an Logistikzentrum	193 kg	LKW	0,4 l Benzin 3,1 l Diesel	Blm

Quelle: Verband Druck Medien Österreich auf Basis von aggregierten Branchendaten

Entsprechend den Voreinstellungen der verwendeten Datensätze aus ecoinvent V3.10 wird bei den Treibstoffen von durchschnittlichen Emissionsfaktoren ausgegangen. Die Rückfahrten der Transportmittel nach Entladung der Printprodukte sind in den erhobenen Sachbilanzdaten berücksichtigt.

3.1.4 Anwendungsphase: Generierung der Impressionen von Printwerbung durch Ansicht

Als Nutzungsphase wird hier der Zeitpunkt betrachtet, zu dem die Werbung von einem oder mehreren Rezipienten gesehen wird. Es handelt sich im Wesentlichen um die Zeitspanne, in der die Werbung betrachtet wird und eine Impression erzeugt wird. Diese Zeitspanne kann sehr kurz oder sogar null sein, wenn Printmedien ungelesen weggeworfen werden oder Online-Werbung ungelesen weggeklickt wird. Dennoch sind auch bei ungelesenen Impressionen die Vorketten der Herstellung und Distribution des jeweiligen Werbeträgers (Printmedium oder Online-Datenübertragung) voll anzurechnen. Diese Zurechnung erfolgt auf Basis der Reichweite, d. h. der durchschnittlichen Anzahl an Rezipienten, die bezogen auf die Gesamtauflage des jeweiligen Print- oder Online-Mediums ein einzelnes Exemplar der Auflage zu Gesicht bekommen und somit Impressionen generieren. In dieser Studie werden dem Lesen von Printprodukten keine Stoff- und Energieströme zugeordnet. Konkret wird angenommen, dass das Lesen bei Tageslicht erfolgt und daher keinen zusätzlichen Stromverbrauch (z. B. für künstliche Beleuchtung) verursacht.

3.1.5 Altpapierentsorgung für Printwerbung (Post Consumer)

Im Printbereich bestehen Werbeträger (Prospekte, Tageszeitungen) aus Papier, das nach Gebrauch in der Regel über die haushaltsnahe Altpapiersammlung durch kommunale oder gewerbliche Dienstleister erfasst wird. Der Erfassungsprozess besteht im Wesentlichen aus einer haushaltsnahen getrennten Sammlung des Altpapiers (z. B. in der blauen Tonne) durch die Rezipienten. Das Altpapier wird dann in regelmäßigen Abständen von einem Transportdienstleister abgeholt und in regionalen Sortieranlagen sortiert. Anschließend wird das Zeitungspapier in eine Papierfabrik transportiert

und zu Sekundärfaserstoff verarbeitet. Aus diesem wird wiederum Zeitungsdruckpapier mit Sekundärfaseranteil hergestellt. Mit der Sammlung und Verwertung von gebrauchten Zeitungen und Prospekten ist ein durchschnittlicher Masseverlust von ca. 20 % verbunden. Der Verbleib dieser 20 % wird im Rahmen dieser Studie nicht untersucht. Es wird jedoch angenommen, dass diese Anteile als Hausmüll oder Gewerbeabfall entsorgt werden und somit überwiegend in Müllverbrennungsanlagen gelangen.

3.2 Sachbilanz für Online-Werbung

Die Bilanzierung der Online-Produkte gliedert sich in folgende Bereiche:

- Anzeigegeräte
- Netzwerk
- Anbieterseitige Informationstechnik
- Externe IT-Dienstleistungen

Als Umweltwirkung wird innerhalb der Bereiche nur das Treibhauspotenzial (CO₂-Äquivalente) der eingesetzten informationstechnischen Geräte bilanziert. Als Umrechnungsfaktor des Stromverbrauchs der Geräte in Treibhausgasemissionen wurde für alle Geräte ein einheitlicher Emissionsfaktor des deutschen Strommixes inkl. Vorkettenemissionen aus dem Jahr 2023 angesetzt (Icha und Lauf 2024). Dieser beträgt 0,449 kg CO₂e/kWh.

Zur Auslieferung von Online-Werbung werden die genannten Produkte und Dienstleistungen nur anteilig genutzt. Daher ist eine Allokation des Gesamtaufwandes auf die einzelnen Dienstleistungen erforderlich. Nachfolgend wird für jeden dieser Bereiche dargestellt, welche Allokationsparameter verwendet wurden und welche Teile des Lebenszyklus in die Betrachtung einbezogen wurden.

3.2.1 Anzeigegeräte

Zur Anzeige der Online-Werbung werden 4 unterschiedliche Anzeigegeräte eingesetzt: Laptop-Computer, Desktop-PCs mit externem Monitor, Smartphones und Tablet-Computer. Für jedes dieser Geräte wurden die Treibhausgasemissionen für die Herstellung (Herstellungsaufwand) sowie der Energieverbrauch für die Nutzung dieser Geräte berücksichtigt. Die zugrunde gelegten Annahmen für Anzeigegeräte sind in Tabelle 3-5 dargestellt.

Tabelle 3-5: Anzeigegeräte: Nutzungszeiten, Herstellungsaufwand und Treibhausgasemissionen

Anzeigegerät	Leistungs- aufnahme Betriebs- zustand [W]	Herstellungs- aufwand [kg CO ₂ e]	Tägliche Nutzung [h]	Nutzungs- jahre [a]	GWP- Stundenwert Herstellung [g CO ₂ e/h]	GWP- Stundenwert Nutzung [g CO ₂ e/h]	DHI
Laptop	13	311	1,64	5	104	5,8	LIIX
Desktop-PC und Monitor	57	435	1,36	5	176	25,4	LIIX
Smartphone	1,3	100	3,43	2	40	0,6	LIIX
Tablet	4	200	0,81	4	168	1,8	LIIX

Quelle: eigene Darstellung nach (Gröger 2020), (Postbank 2024)

Zur Allokation des Herstellungsaufwands auf die digitale Dienstleistung werden die tägliche Nutzungsdauer der Geräte in Stunden und ihre technische Lebensdauer in Nutzungsjahren berücksichtigt. Aus diesen beiden Werten können die Gesamtnutzungsstunden über die Lebensdauer der Geräte berechnet werden. Diese geben an, wie lange die Geräte aktiv im Einsatz sind. Durch die Division des Herstellungsaufwands [kg CO₂e] durch die Gesamtnutzungsstunden [h] wird ein GWP-Stundenwert für die Herstellung der Geräte berechnet [kg CO₂e/h]. Die Allokation erfolgt anhand der aktiven Nutzungsdauer des jeweiligen Geräts, die mit dem GWP-Stundenwert multipliziert wird.

Für die Nutzungsphase wird ebenfalls ein GWP-Stundenwert berechnet. Dies erfolgt über die elektrische Leistungsaufnahme des Geräts während des Betriebs [W] multipliziert mit der aktiven Nutzungsdauer [h]. Aus dem Energieverbrauch und dem Emissionsfaktor des deutschen Strommixes werden die Treibhausgasemissionen in der Nutzungsphase berechnet.

Für die hier durchgeführte Untersuchung wird unterstellt, dass die Online-Werbung von unterschiedlichen Personen mit unterschiedlichen Anzeigegeräten konsumiert wird. Dabei entspricht die Verteilung der Geräte der statistischen Verteilung beim Online-Medienkonsum in Deutschland im Jahr 2024 (Postbank 2024). Die THG-Potenziale für die Herstellung und den Betrieb der Anzeigegeräte sind deshalb für den statistischen Gerätemix zu verstehen.

3.2.2 Netzwerk

Die Online-Werbung muss über Datennetzwerke zum Betrachter geliefert werden. Für diese Untersuchung wird mit spezifischen Emissionsfaktoren pro übertragener Datenmenge gerechnet. Diese Bezugsgröße (Datenmenge) weicht von der Bezugsgröße der Anzeigegeräte (Stunden) ab, da das Netzwerk für eine Vielzahl von Datenströmen gleichzeitig verwendet wird. Berechnungsgrundlage hierfür ist die Studie „Green Cloud Computing. Lebenszyklusbasierte Datenerhebung zu Umweltwirkungen des Cloud Computing“ (Gröger et al. 2021). Es wird die Unterscheidung gemacht, ob die Daten über kabelgebundene Netzwerke übertragen werden und dabei einen stationären Router und einen kabelgebundenen Netzwerkzugangspunkt nutzen oder ob die Daten direkt vom Endgerät an eine Mobilfunkstation in ein Mobilfunknetzwerk übertragen werden. Als Allokationsfaktor wird hier die übertragene Datenmenge [GB] angenommen. In Tabelle 3-6 sind die jeweiligen Emissionsfaktoren dokumentiert.

Tabelle 3-6: Emissionsfaktoren Datenübertragung nach Netzwerkkomponenten

Netzwerkkomponente	Emissionen pro Datenübertragung	DHI
Emissionsfaktor Router	14,71 g CO ₂ e/GB	LIIX
Emissionsfaktor kabelgebundene Datenübertragung	0,89 g CO ₂ e/GB	LIIX
Emissionsfaktor kabelgebundene Datenübertragung inkl. Router	15,6 g CO ₂ e/GB	LIIX
Emissionsfaktor mobile Datenübertragung	14,24 g CO ₂ e/GB	LIIX

Quelle: eigene Darstellung nach (Gröger 2020), (Gröger et al. 2021), (Bundesnetzagentur 2023)

Für die beiden untersuchten Produkte pdf-Werbeprospekte (40 MB) und statischer Werbebanner (300 kB) wurde angenommen, dass ersterer aufgrund seiner Größe zu 80 % über kabelgebundene

Netzwerke übertragen wird und nur zu 20 % über Mobilfunknetze. Beim Werbebanner wurde dagegen eine paritätische Verteilung (50 % zu 50 %) über beide Netzwerkarchitekturen angenommen.

3.2.3 Anbieterseitige Informationstechnik

Zum Hosten und Ausliefern der Online-Werbung wird davon ausgegangen, dass der Anbieter einen Server und einen Netzwerk-Switch in einem Rechenzentrum betreibt. Dies kann beispielsweise ein Colocation-Rechenzentrum sein, in dem der Anbieter eigene Informationstechnik aufstellt oder ein Hosting-Anbieter, bei dem Technik gemietet wird.

Die IT-Geräte sind jeweils mit einem treibhausgaswirksamen Herstellungsaufwand, Energieverbrauch und Energieverlusten in der Gebäudetechnik des Rechenzentrums verbunden. Tabelle 3-7 stellt die auf die Betriebszeiten umgerechneten Treibhausgaspotenziale als GWP-Stundenwerte dar. Da diese Technik rund um die Uhr im Einsatz ist, wird der Energieverbrauch für den Betrachtungszeitraum von einem Jahr berechnet, innerhalb dessen die eine Million Impressionen ausgeliefert werden.

Tabelle 3-7: Treibhausgaspotenziale anbieterseitige Informationstechnik

Rechenzentrum s-Hardware	Elektrische Leistungs- aufnahme [W]	GWP Stundenwert Betrieb [g CO ₂ e/h]	GWP Stundenwert RZ-Verluste [g CO ₂ e/h]	GWP Stundenwert Herstellung [g CO ₂ e/h]	GWP Stundenwert Summe [g CO ₂ e/h]	DHI
Server	200	89	49	28	166	LIIX
Netzwerk- Switch	100	45	24	14	83	LIIX
Summe	300	134	73	41	248	

Quelle: eigene Darstellung

3.2.4 Externe IT-Dienstleistungen

Es ist davon auszugehen, dass der hier betrachtete (abstrakte) Medienanbieter üblicherweise einen externen IT-Dienstleister damit beauftragt, um die Werbung über ein Content Delivery Network (CDN) in seine eigenen online-Medien einzubinden⁹. Das CDN sorgt dafür, dass die Daten ohne Zeitverzögerung an die Kunden ausgeliefert werden, indem es sie an lokalen IT-Standorten des CDN-Anbieters zwischenspeichert. Die Netzwerk- und Speicherarchitektur, die sich hinter solchen CDN verbirgt, ist sehr unübersichtlich. Um sie dennoch zu berücksichtigen, wurde hier ein monetärer Ansatz zur Allokation verwendet.

Am Beispiel eines CDN-Anbieters wurde dessen Nachhaltigkeitsbericht (Microsoft 2024) ausgewertet und in Tabelle 3-8 eine Kennzahl gebildet, die die CO₂-Emissionen pro Umsatz des Anbieters beschreibt. Diese Emissionen beinhalten gemäß dem Greenhouse Gas Protocol die Bereiche Scope 1 (direkte Emissionen), Scope 2 (Energiebeschaffung) und Scope 3 (eingekaufte Güter,

⁹ In der Praxis werden die Online-Werbepplätze via Echtzeit-Auktion durch externe Dienstleister vermarktet. Die in diesem Prozess zu platzierende Werbung wird via Content Delivery Network (CDN) in die Online-Medien des Medienanbieters eingebunden, ohne dass die damit verbundenen Datenmengen über dessen Netzwerke laufen. Erst auf den Endgeräten der Rezipienten werden diese mit den Inhalten des jeweiligen Online-Mediums zusammengeführt.

Gebäudeinfrastruktur, Mobilität der Mitarbeitenden usw.). Die Allokation erfolgt hier anhand der monetären Kosten für die externe Dienstleistung, die mit der CO₂e-Intensität des Anbieters multipliziert werden. Für die Kosten werden die in Euro umgerechneten realen Kosten aus dem Preisblatt des externen CDN-Dienstleisters zur Übertragung der ausgelieferten Datenmengen angesetzt (Microsoft 2025).

Tabelle 3-8: Emissionsfaktor externe IT-Dienstleistungen

Bezeichnung der IT-Dienstleistung	Zählbare Produkte	CO ₂ e-Intensität	DHI
Content Delivery Network	Kosten externer Dienstleister	88 g CO ₂ e/EUR	LIIX

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von (Microsoft 2024, 2025)

3.2.5 Herstellungsaufwand für IKT-Hardware

Die anteiligen CO₂e-Potenziale für die Herstellung von Endgeräten (beinhalten die THG-Emissionen der Rohstoffbereitstellung und Produktion von IKT) ist in Tabelle 3-9 dargestellt. Die Angaben zum Herstellungsaufwand sind Bestandteil der LCA-basierten Berechnung von CO₂e-Potenzialen aus der Quelle (Gröger 2020), die als KPI in diese Studie eingeflossen ist.

Ebenso sind die verwendeten Datensätze bzw. Verweise auf eigenen Modellierungen der Parameter aufgeführt (siehe (Gröger 2020).

Tabelle 3-9: CO₂e-Potenziale der IKT-Herstellung: Consumer Endgeräte

Gerätetyp	Menge in kg	modelliert als	DHI
Smartphone	7,6	Anteiliges CO ₂ e-Potenzial der IKT-Herstellung nach Nutzungsdauer	LIIX
Laptop	85	Anteiliges CO ₂ e-Potenzial der IKT-Herstellung nach Nutzungsdauer	LIIX
Desktop-PC + Monitor	298	Anteiliges CO ₂ e-Potenzial der IKT-Herstellung nach Nutzungsdauer	LIIX
Tablet	137	Anteiliges CO ₂ e-Potenzial der IKT-Herstellung nach Nutzungsdauer	LIIX

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von (Gröger 2020) und (Microsoft 2024, 2025)

3.2.6 Produktion von Online-Werbung

Bei Online-Werbung entfällt die Betrachtung der Produktionsphase, da die Generierung von Inhalten der Werbeanzeigen in dieser Studie nicht berücksichtigt wird und innerhalb der Systemgrenze keine weiteren Produktionsprozesse stattfinden. Die Auslieferung der Online-Werbung über digitale Netzwerke wird im nachfolgenden Abschnitt (3.2.7) berücksichtigt.

3.2.7 Distribution über Datenübertragungsnetzwerke

Die Verteilung der digitalen Werbeformate erfolgt über Datenübertragungsnetzwerke. Da diese neben Werbeeinhalten auch andere Daten übertragen, ist eine Allokation der Gesamtenergieverbräuche erforderlich. Dies erfolgt durch die Verwendung parametrisierter Kennzahlen auf Basis von Literaturwerten aus empirischen Studien.

Tabelle 3-10: Sachbilanz für Online-Werbung - Distribution über Datenübertragungsnetzwerke

Inputströme	Menge [kWh/GB]	modelliert als	DHI
Energieverbrauch kabelgebundene Netzwerke	0,002	Anteiliger Energieverbrauch pro GB übertragenes Datenvolumen	LIIX
Energieverbrauch mobile Netzwerke	0,032	Anteiliger Energieverbrauch pro GB übertragenes Datenvolumen	LIIX
Energieverbrauch Consumer premises Netzwerke (WLAN)	0,033	Anteiliger Energieverbrauch pro MB übertragenes Datenvolumen	LIIX

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von (Gröger 2020) und Bundesnetzagentur 2024)

3.2.8 Anwendungsphase - Generierung der Impressionen durch Anzeige auf Consumer Endgeräten

Für Online-Werbung gilt, dass die Generierung von Impressionen die Mitwirkung der IKT-Geräte der Rezipienten erfordert. Diese können ein stationäres Datenverarbeitungs- und Anzeigegerät mit Internetanschluss (z. B. Desktop-PC), ein semi-mobiles Gerät (z. B. Laptop) oder ein Mobilgerät (Smartphone) sein. Es wird jeweils pro Rezipient mit einem derartigen Gerät gerechnet, da eine Werbeimpression jeweils nur auf einem Anzeigegerät betrachtet wird.

In der nachfolgenden Tabelle 3-11 wird die Verteilung der genutzten Anzeigegeräte zum Betrachten von Online-Werbung dargestellt. Bei den Geräten handelt es sich um eine Untermenge der Endgeräte, die gemäß der Studie (Postbank 2024) für den Internetzugang genutzt werden, wobei für die Geräte Smart-TV, Spielekonsolen, Sprachassistenten und Smart-Watches hier angenommen wurde, dass auf diesen keine Online-Prospekte betrachtet werden.

Tabelle 3-11: Anteilige Nutzung von Anzeigegeräten zum Konsum von Online-Medien

Anzeigegerät	Anteil an Gesamtmenge	DHI
Smartphone	35 %	LIIX
Laptop	27 %	LIIX
Desktop-PC + Monitor	19 %	LIIX
Tablet	19 %	LIIX

Quelle: (Postbank 2022) (Postbank 2024)

In der Anwendungsphase ist der Energieverbrauch in Form von elektrischem Strom durch den Betrieb der Consumer-Endgeräte zu berücksichtigen. Dieser entsteht durch die Hintergrundbeleuchtung des Bildschirms bzw. Displays sowie durch die Datenverarbeitung in CPU/GPU und sonstige

elektronische Vorgänge im Gerät (inklusive Kühlung und Umwandlungsverlusten im Netzteil). Bei batteriebetriebenen, mobilen Endgeräten, die im Normalfall regelmäßig aufgeladen werden, wird der Batteriestromverbrauch durch den durchschnittlichen Stromverbrauch beim Aufladen mit Netzstrom abgebildet.

Tabelle 3-12: Sachbilanz für Online-Werbung – Stundenbezogener Parameter des Energieverbrauchs für Anzeige auf Consumer Endgeräten

Inputströme	Menge	modelliert als	DHI
Energieverbrauch Laptop	5,8 g CO ₂ e/h	GWP-Stundenwert Nutzung	LIIX
Energieverbrauch PC	25,4 g CO ₂ e/h	GWP-Stundenwert Nutzung	LIIX
Energieverbrauch Smartphone	0,6 g CO ₂ e/h	GWP-Stundenwert Nutzung	LIIX
Energieverbrauch Tablet	1,8 g CO ₂ e/h	GWP-Stundenwert Nutzung	LIIX

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von (Gröger 2020)

4 Wirkungsabschätzung

Auf Basis der Sachbilanzdaten wurde eine das THG-Potenzial mit Hilfe der Software „OpenLCA“ berechnet. Zudem wurde durch Variation der als relevant erachteten Sachbilanzparameter eine Sensitivitätsanalyse erstellt, um den Einfluss einzelner Annahmen auf das Gesamtergebnis der Vergleichsrechnung abschätzen zu können. Im Folgenden werden die THG-Potenziale der in dieser Studie verglichenen Varianten von Print- und Online-Werbung dargestellt.

4.1 Wirkungsabschätzung für Printwerbung

Die THG-Potenziale der Erzeugung von Printwerbung sind in Tabelle 4-1 zunächst für eine Menge von 1 Mio. Werbeanzeigen dargestellt. Dieses Ergebnis lässt die unterschiedliche Reichweite der Werbeformate zunächst außer Acht und repräsentiert vor allem den Einfluss der bedruckten Fläche und die damit in Zusammenhang stehende Papiermenge. Es ist ersichtlich, dass z. B. sich das Treibhauspotenzial der Anzeigen in beiden Werbeträgern (Print-Prospekt und Print-Tageszeitung) nahezu linear zum Verhältnis (ca. 3,5:1) der mit Werbung bedruckten Fläche verhält.

Tabelle 4-1: THG-Potenziale für Printwerbung pro 1 Mio. Werbeanzeigen

LCIA-Methode	Print-Prospekt a = 1282 cm ²	Anzeigen in Print-Tageszeitungen a = 179 cm ²	Einheit
Treibhauspotenzial (GWP) nach IPCC (2013)	1.220	182	kg CO ₂ e

Quelle: eigene Berechnung

In der nachfolgenden Tabelle 4-2 sind die THG-Potenziale für eine Menge von 1 Mio. Impressionen (= Funktionelle Einheit) durch Printwerbung dargestellt. Im Unterschied zu den oben dargestellten Werten berücksichtigen diese Ergebnisse auch die unterschiedliche Reichweite der Werbeformate.

Das heißt, die Generierung von Impressionen hängt von der Reichweite der Werbeformate ab: Eine Anzeige auf einem Werbeträger kann durch die Ansicht mehrerer Rezipienten mehrere Impressionen erzeugen, denen sich die THG-Potenziale rechnerisch zuordnen lassen.

Tabelle 4-2: THG-Potenziale für Printwerbung pro eine Million Impressionen

LCIA-Methode	Print-Prospekt Reichweite = 1,9	Anzeigen in Print- Tageszeitungen Reichweite = 2,72	Einheit
Treibhauspotenzial (GWP) nach IPCC (2013)	642	67	kg CO₂e / FU

Quelle: eigene Berechnung

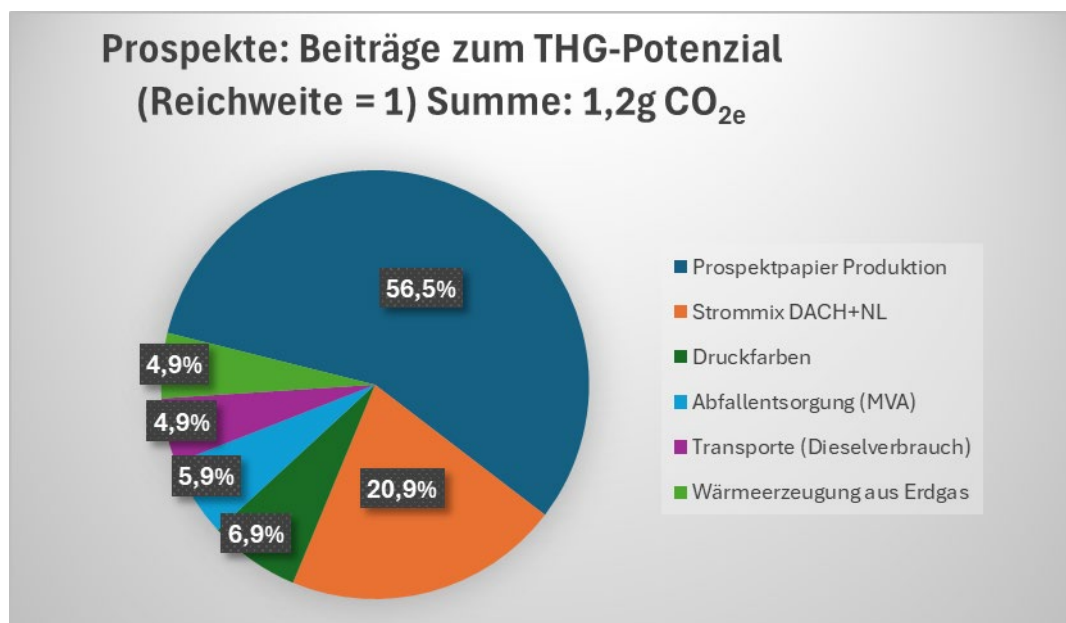
Im Folgenden werden die Ergebnisse der Beitragsanalyse entsprechend den Beiträgen zum jeweiligen Gesamtergebnis innerhalb der betrachteten Wirkungskategorien vergleichend gegenübergestellt. Tabelle 4-3 und Abbildung 4-1 zeigt für das Werbeformat Prospektwerbung die Anteile relevanter Beiträge zum Gesamtergebnis für die betrachteten Wirkungskategorien. Die dargestellten Werte beziehen sich dabei auf die Beiträge einzelner relevanter Elemente des gesamten Lebenszyklus der Prospektwerbung zur Generierung von einer Million Impressionen.

Tabelle 4-3: Darstellung der Beiträge zu den THG-Potenzialen bei Printwerbung (Prospekt)

Lebenszyklusphase	GWP 100 in%
Prospektpapier Produktion	51,7
Druckereiprozesse mit Strommix DACH+NL	19,1
Druckfarben	6,3
Abfallentsorgung (MVA)	5,4
Transporte (Dieselverbrauch)	4,5
Wärmeerzeugung aus Erdgas	4,5

Quelle: eigene Berechnung, Differenz zu 100 % sind nicht dargestellte Beiträge mit geringer Relevanz

Abbildung 4-1: Beiträge zum THG-Potenzial bei Printwerbung (Prospekt)



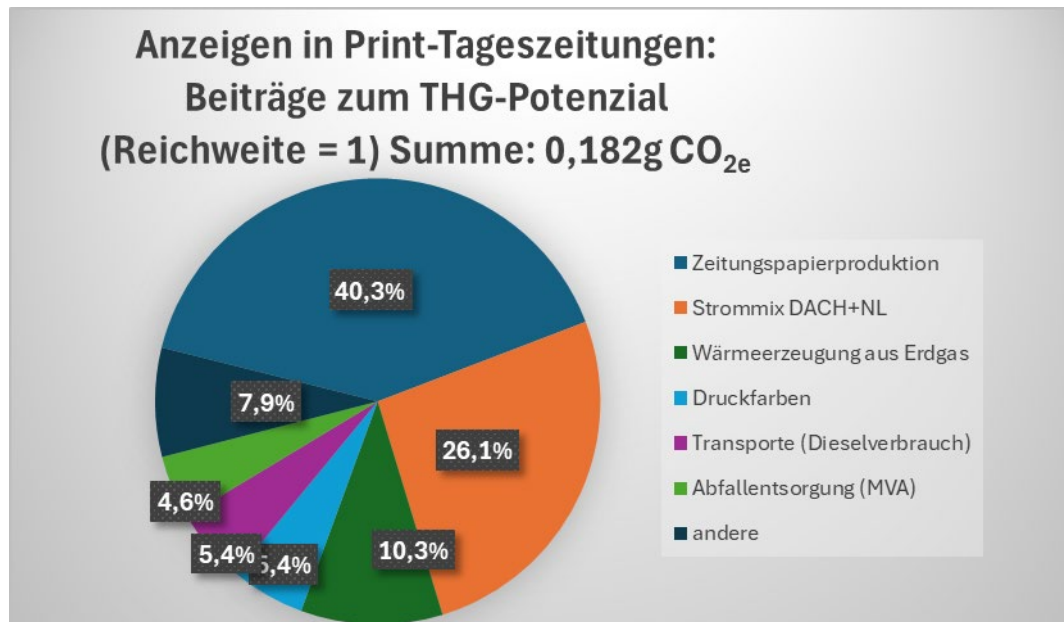
Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 4-4 zeigt die Anteile relevanter Beiträge zum Gesamtergebnis für die betrachtete Wirkungskategorie „THG-Potenzial“ bei Anzeigenwerbung in Tageszeitungen. Die dargestellten Werte beziehen sich dabei auf die Beiträge einzelner relevanter Elemente des gesamten Lebenszyklus der Anzeigenwerbung in Tageszeitungen zur Generierung von einer Million Impressionen.

Tabelle 4-4: Darstellung der Beiträge zu den THG-Potenzialen bei Printwerbung (Tageszeitung)

Lebenszyklusphase	GWP100 in %
Zeitungspapierproduktion	40,3
Druckereiprozesse mit Strommix DACH+NL	26,1
Wärmeerzeugung aus Erdgas	10,3
Druckfarben	5,4
Transporte (Dieselverbrauch)	5,4
Abfallentsorgung (MVA)	4,6

Quelle: eigene Berechnung, die Differenz zu 100 % sind nicht dargestellte Beiträge mit geringer Relevanz

Abbildung 4-2: Beiträge zu den THG-Potenzialen bei Printwerbung (Tageszeitung)

Quelle: eigene Darstellung

Es wird deutlich, dass insgesamt für beide betrachteten Werbeformate zwei Teilprozesse von besonderer Relevanz sind:

- Produktion von Zeitungspapier (insbesondere bei GWP fällt hierbei neben direkten CO_{2e}-Emissionen der Pulp-Produktion auch der Stromverbrauch ins Gewicht)
- Die Bereitstellung von Strom (Mittelspannung) für die Druckerei.

4.2 Wirkungsabschätzung für Online-Werbung

Unter Zugrundelegung der Dateigrößen und Betrachtungsdauern für die Online-Werbung sowie des in Kapitel 3.2 angenommenen Gerätemixes für die Anzeigegeräte ergeben sich die in Tabelle 4-5 dargestellten Treibhausgasemissionen.

Im Gegensatz zur Printwerbung spielt die Reichweite hierbei keine Rolle, d. h. sie wird mit einem Wert von 1 berechnet. Dies ist darauf zurückzuführen, dass davon auszugehen ist, dass ausgelieferte Online-Werbung jeweils von einem Rezipienten auf einem eigenen Endgerät betrachtet wird. Dafür ist jeweils eine eigene Datenübertragung und Anzeige nötig.

Tabelle 4-5: THG-Potenziale von Online-Werbung pro einer Million Impressionen

	Online-Prospekt (pdf, 40 MB) Reichweite = 1	Werbebanner in Online-Tageszeitung (2,5 Sek, 300 kB) Reichweite = 1	Einheit
CO _{2e} pro Online-Werbeanzeige	3,36	0,102	g CO _{2e} / Impression
CO _{2e} pro 1 Mio Impressionen	3.360	102	kg CO _{2e} / FU

Quelle: eigene Berechnung

Insgesamt werden für eine Million Impressionen des **Online-Prospektes 3.360 kg CO₂-Äquivalente** freigesetzt. Für einen **Werbebanner** sind es **102 Kilogramm CO₂-Äquivalente**. Das entspricht rund 3,36 Gramm pro Impression beim Online-Prospekt und 100 Milligramm pro Impression beim Werbebanner.

In der nachfolgenden Tabelle 4-6 werden die Beiträge der einzelnen Bestandteile der Datenverarbeitungs- und Datenübertragungskomponenten für Online-Werbung separat pro Werbeformat dargestellt. Die untenstehenden Abbildungen 4-1 und 4-2 stellen diese Werte grafisch dar.

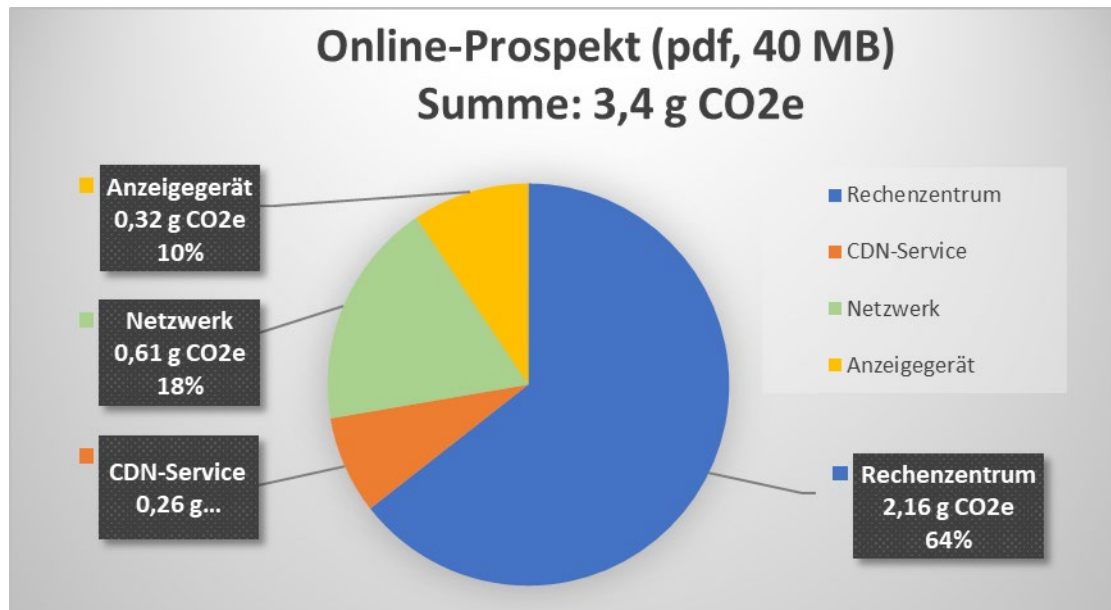
Tabelle 4-6: Beitragsanalyse für Online-Werbung pro 1 Mio. Impressionen

	Online-Prospekt (10 Sek, pdf, 40 MB) Reichweite = 1	%	Werbebanner in Online-Tageszeitung (2,5 Sek, 300 kB) Reichweite = 1	%	Einheit
Anbieterseitige IT-Geräte	2.165	64	16	16	kg CO ₂ e / Zeitraum
Externe IT-Dienstleistungen	264	8	2	2	kg CO ₂ e / Zeitraum
Netzwerk	613	18	4	4	kg CO ₂ e / Zeitraum
Anzeigegeräte der Rezipienten	317	9	80	78	kg CO ₂ e / Zeitraum
CO ₂ e pro Online-Werbeanzeige	3,36		0,102		g CO ₂ e / Impression
CO₂e pro 1 Mio Impressionen	3.360	100	102	100	kg CO₂e

Quelle: eigene Berechnung

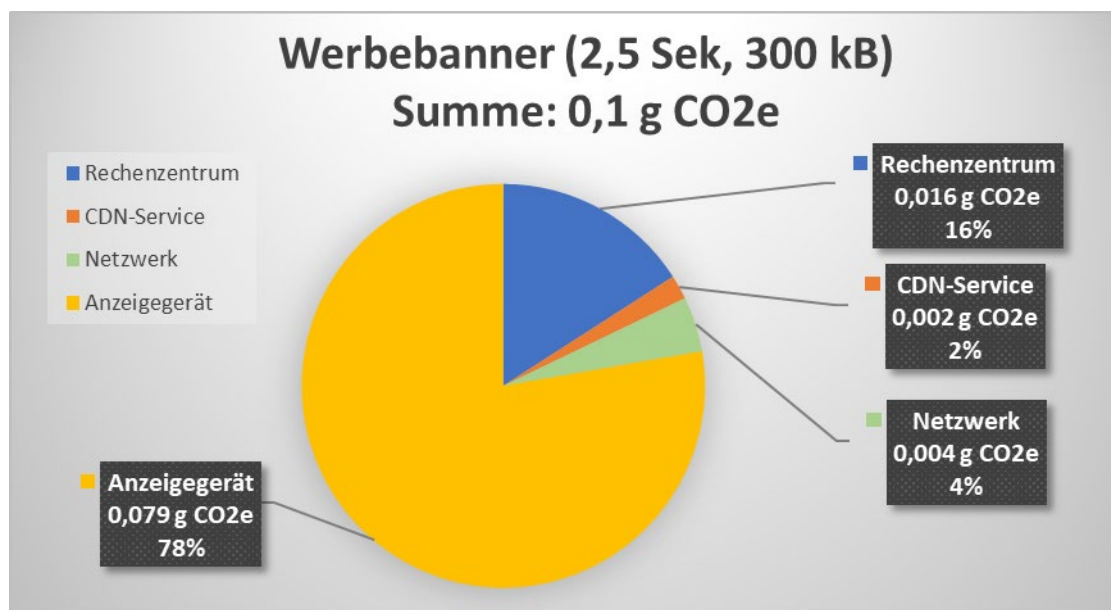
Wie aus Abbildung 4-3 ersichtlich ist, hat die anbieterseitige IT-Infrastruktur beim Online-Prospekt (Betrachtungsdauer: 10 Sekunden) unter den getroffenen Modellannahmen den höchsten Einfluss auf das THG-Potenzial. Diese Infrastruktur besteht gemäß Tabelle 3-7 aus einem Server (200 W) und einem Netzwerk-Switch (100 W). Sie sind in einem eigenen oder gemieteten Rechenzentrum untergebracht und verbrauchen aufgrund ihres Dauerbetriebes zusammen mit den Verlusten für die Klimatisierung des Rechenzentrums (PUE=1,55) erhebliche Strommengen für die Speicherung und Auslieferung der digitalen Produkte. Zur Berücksichtigung der „grauen Emissionen“ zur Herstellung der beteiligten IT-Geräte wurde außerdem ein pauschaler Aufschlag von 20 % der energieverbrauchsbedingten Treibhausgasemissionen berechnet (Gröger et al. 2021).

Die anbieterspezifische IT-Infrastruktur wird von den beiden digitalen Produkten Online-Prospekt und Werbebanner gemeinsam genutzt. Die Aufteilung der Treibhausgasemissionen erfolgt entsprechend deren Datenvolumen, wobei der Online-Prospekt mit 40 MB gegenüber dem Werbebanner mit 0,3 MB deutlich überwiegt.

Abbildung 4-3: Treibhausgasemissionen pro Impression bei Online-Prospekten (pdf)

Quelle: eigene Darstellung

Bei den Werbebannern in Online-Tageszeitungen, wie in Abbildung 4-4 dargestellt, dominieren hingegen die Treibhausgasemissionen der Anzeigegeräte der Rezipienten. Diese setzen sich aus dem Herstellungsaufwand der Anzeigegeräte und den Treibhausgasemissionen, die aus dem Stromverbrauch resultieren, zusammen. Als Betrachtungsdauer wurden hier 2,5 Sekunden pro Webbanner angesetzt. Die digitalen Werbebanner haben im Vergleich mit Online-Prospekten ein deutlich geringeres Datenvolumen und beanspruchen deshalb die anbieterseitige IT-Infrastruktur sowie alle anderen gemeinsam genutzten Dienste wie das Netzwerk und den CDN-Service weniger stark.

Abbildung 4-4: Treibhausgasemissionen pro Impression bei Werbebannern (jpg, png, gif)

Quelle: eigene Darstellung

4.3 Ergebnisvergleich von Print- und Online-Werbung

Die folgenden Tabellen fassen die Ergebnisse der Vergleichsrechnung zum Treibhausgaspotenzials noch einmal zusammen. Tabelle 4-7 zeigt den Direktvergleich des THG-Potenzials für die Generierung von einer Million Impressionen mittels Prospektwerbung. Die Ergebnisse zeigen unter Berücksichtigung der Modellannahmen (vgl. Abbildung 2-3) und gewählten Parameter (vgl. Tabelle 2-2) einen deutlichen Vorteil von Print-Prospekten gegenüber Online-Prospekten im pdf-Format.

Tabelle 4-7: Vergleich des THG-Potenzials für Prospektwerbung pro 1 Mio. Impressionen

	Print-Prospekt A = 1282 cm ² Reichweite = 1,9	Online-Prospekt (pdf, 40 MB) Reichweite = 1	Einheit
Treibhauspotenzial (GWP) nach IPCC (2013)	642	3.360	kg CO ₂ e / FU

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 4-8 zeigt den Direktvergleich des THG-Potenzials für die Generierung von einer Million Impressionen mittels Anzeigen bzw. Werbebannern. Die Ergebnisse zeigen unter Berücksichtigung der Modellannahmen (vgl. Abbildung 2-3) und der gewählten Parameter (vgl. Tabelle 2-3; Tabelle 2-2) einen deutlichen Vorteil für Anzeigen in Print-Tageszeitungen gegenüber Werbebannern in Online-Tageszeitungen.

Tabelle 4-8: Vergleich des THG-Potenzials für Anzeigenwerbung pro 1 Mio. Impressionen

	Anzeigen in Print-Tageszeitungen A = 179 cm ² Reichweite = 2,72	Werbefbanner in Online-Tageszeitung (2,5 Sek, 300 kB) Reichweite = 1	Einheit
Treibhauspotenzial (GWP) nach IPCC (2013)	67	102	kg CO ₂ e / FU

Quelle: eigene Berechnung

4.4 Sensitivitätsanalysen

Im Rahmen der in Abschnitt 4.2 durchgeführten Beitragsanalyse wurden die für die Generierung von Werbeimpressionen im Print- und Onlinesektor besonders relevanten Prozesse in den jeweiligen Lebenszyklen identifiziert. Da diese Prozesse die Ergebnisse der THG-Potenziale signifikant beeinflussen, werden sie im Rahmen der nachfolgend dargestellten Sensitivitätsanalyse noch einmal vertiefend geprüft. Tabelle 4-9 gibt einen Überblick über die durchgeführten Sensitivitätsanalysen (im Folgenden „Sensi“ bezeichnet).

Tabelle 4-9: Überblick zu den durchgeführten Sensitivitätsanalysen

Bezeichnung	Variation gegenüber Basisszenario	Beschreibung in Abschnitt
Sensi 1	Carbon Footprint verschiedener Papiersorten	4.5
Sensi 2	Anzeigengröße bei Print-Tageszeitungen	4.6
Sensi 3	Betrachtungsdauer von Online-Werbung	4.7
Sensi 4	Datenvolumen von Online-Werbung	4.8

Quelle: eigene Darstellung

4.5 Sensi 1: Nutzung verschiedener Papiersorten mit unterschiedlichem Carbon Footprint

Die folgende Sensitivitätsanalyse variiert die verwendete Papiersorte beim Druck von Werbeprospekten und Tageszeitungen. Während alle anderen Parameter konstant bleiben, wird der Einfluss des Carbon Footprints der Herstellungsprozesse für die jeweilige Papiersorte untersucht. Die gewählten Papiersorten sind exemplarisch und repräsentieren eine Bandbreite verschiedener Angaben zu CO₂e-Emissionen und Stromverbräuchen im Herstellungsprozess. Die Darstellung der Ergebnisse in Tabelle 4-10 bezieht sich auf eine Reichweite von 1 (vgl. Tabelle 4-1).

Tabelle 4-10: Einfluss der Papiersorten für Printwerbung

Papiersorte	PCF fossil (C2G) / Energieverbrauch für Papierherstellung kg CO ₂ e / KWh pro Tonne Papier	Print-Prospekt Reichweite = 1 kg CO ₂ e pro FU	Anzeigen in Tageszeitungen Reichweite = 1 kg CO ₂ e pro FU	Quelle
Lenzing Papier GmbH „Lenza Top Recycling Pure“	160 / 625	1135,9	229,0	(Lenzing Papier GmbH 2024)
„Norske Skog“ „Golbey NorX“ Baseline	89,6 / 1254	1.220	182	(Norske Skog 2024)
Norske Skog AS „Norcote Bruck H“	164 / 974	1262,7	248,6	(Norske Skog AS 2024a)
Sappi Europe Gratkorn „Magno Satin“	380 / 152	1308,6	256,1	(Sappi Europe 2024)
Norske Skog AS „Nornews“	11,1 / 2811	1663,9	313,7	(Norske Skog AS 2024b)
UPM „MFS & SC papers LWC paper“	980 / k.A	3174,0	437,8	(UPM-Kymmene Corporation 2024b)

Quelle: Angaben aus EPDs: siehe „Quelle“; Eigene Berechnung nach IPCC (2013)

4.6 Sensi 2: Variation der Anzeigengröße bei Print-Tageszeitungen

Der Default-Wert der Anzeigengröße errechnet sich aus dem Flächenverhältnis der redaktionellen Teile zu den Anzeigen. Dieses Verhältnis liegt bei 86 zu 14. Dementsprechend belegt eine Anzeige eine Fläche von 179 cm². Die folgende Sensitivitätsanalyse testet den Einfluss der gedruckten Anzeigengröße auf das THG-Potenzial von Impression. Da die Impression als unabhängig von der Anzeigengröße betrachtet wird, steigt das THG-Potenzial der Impressionen mit zunehmender Anzeigengröße. Dies wird in Tabelle 4-11 anhand von drei stichprobenartig ausgewählten Anzeigengrößen verdeutlicht.

Tabelle 4-11: Einfluss der Anzeigengröße auf das THG-Potenzial von Anzeigen in Print-Tageszeitungen

	Anzeigen in Print-Tageszeitungen Reichweite = 1	Anzeigen in Print-Tageszeitungen Reichweite = 2,72	Einheit
A = ca. 84 cm ² (Break-even-Punkt)	102	37,6	kg CO ₂ e
7,8% der Seitenfläche: A = 100 cm ²	116	43	kg CO ₂ e
14% der Seitenfläche: A = 179 cm ² (Baseline)	182	67	kg CO ₂ e
25% der Seitenfläche: A = 320 cm ²	344	126	kg CO ₂ e

Quelle: eigene Berechnung

4.7 Sensi 3: Variation der Betrachtungsdauer von Online-Werbung auf Consumer-Endgeräten

In dieser Sensitivitätsanalyse wird die Auswirkung der Betrachtungsdauer von Online-Impressionen auf deren THG-Potenzial untersucht. Letzteres hängt bei digitalen Medien stark von der Zeitdauer ab, in der ein digitales Consumer-Endgerät zur Anzeige der Online-Werbung genutzt wird. Hierbei spielen zwei Faktoren eine Rolle: Einerseits wird für die Beleuchtung des Displays Strom benötigt (je länger die Werbung betrachtet wird, desto mehr Strom wird zu diesem Zweck benötigt). Andererseits ist der Stromverbrauch der elektronischen Komponenten (CPU/GPU, Speicher etc.) zeitabhängig. In diesem Fall wird vereinfachend angenommen, dass nach dem Aufbau der Anzeige auf dem Display keine weiteren Hintergrundprozesse laufen und sich das Anzeigegerät daher in einem aktiven Wartezustand bis zur nächsten Benutzerinteraktion befindet. Die nachfolgenden Tabellen 4-12 und 4-13 zeigen die Variation der THG-Ergebnisse pro Funktioneller Einheit (eine Million Impressionen) in diskreten Schritten im Umfeld der Basisergebnisse bei Online-Prospekten und Webebannern in Online-Medien.

Tabelle 4-12: Einfluss der Betrachtungsdauer bei Online-Prospekten (Reichweite 1)

Zeitdauer der Impression in Sekunden	CO ₂ e pro 1 Mio. Impressionen (kg CO ₂ e)	Anteil der Anzeigegeräte (%)
1	3.074	1%
5	3.201	5%
10 (Baseline)	3.360	9%
15	3.519	14%
20	3.677	17%
30	3.995	24%
60	4.947	38%

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 4-13: Einfluss der Betrachtungsdauer bei Webebannern in Online-Medien

Zeitdauer der Impression in Sekunden	CO ₂ e pro 1 Mio Impressionen (kg CO ₂ e)	Anteil der Anzeigegeräte (%)
1	54	59%
1,4 (Break-even mit Print)	67	44%
2	86	73%
2,5 (Baseline)	102	77%
5	181	88%
10	340	93%
30	975	98%

Quelle: eigene Berechnung

4.8 Sensi 4: Variation der Datenvolumina von Online-Werbung

Die Größe der Daten von Online-Werbung beeinflusst vor allem die Inanspruchnahme der anbieterseitigen Server- und Netzwerkinfrastrukturen. Je größer die auf den Servern zur Auslieferung an Rezipienten vorgehaltenen Datenmengen sind und je mehr Daten über die Netzwerke ausgeliefert werden, desto höher ist der Energieverbrauch und infolgedessen das THG-Potenzial. Bei Online-Prospekten liegt der Schwerpunkt des THG-Potenzials bei der anbieterseitigen Serverinfrastruktur (Rechenzentrum). Datenvolumen über der Baseline wurden nicht getestet, da sich der gesuchte Break-even-Punkt vom Print-Prospekt zunehmend entfernt.

Tabelle 4-14: Einfluss der Datenvolumina bei Online-Prospekten

Datenvolumen der Online-Prospekte in MB	CO ₂ e pro 1 Mio Impressionen (kg CO ₂ e)	Anteil der Netzwerke (%)
1	2.017	1%
5	2.485	3%
20	2.905	11%
40 (Baseline)	3.360	18%

Quelle: eigene Berechnung

Allein durch die Variation des Parameters Datenvolumen wird kein Break-even-Punkt im Vergleich zu Print erreicht, da das THG-Potenzial der Netzwerkübertragung durch die Summe anderer Parameter übertroffen wird. Insbesondere liegt der THG-Anteil der Nutzung eigener IT-Geräte deutlich über dem der Netzwerkübertragung. Wird jedoch gleichzeitig die Zeitdauer der Anzeige einer Impression verringert, stellt sich ein Break-even-Punkt zum Printprospekt beispielsweise bei der folgenden Kombination von Parametern ein:

Größe pro Impression: 0,325 MB
 Anzeigedauer: 2,5 Sekunden
 THG-Potenzial pro FU: 1.220 kg CO₂e

Tabelle 4-15: Einfluss der Datenvolumina bei Werbebannern in Online-Medien

Datenvolumen der Werbebanner in kB	CO ₂ e pro 1 Mio Impressionen (kg CO ₂ e)	Anteil der Netzwerke (%)
50	83	0,8%
100	87	1,7%
200	94	3%
300	102	4%
400	110	5%
1000	154	10%

Quelle: eigene Berechnung

Beim Vergleich mit Werbeanzeigen in Print-Tageszeitungen spielt die Größe von Werbebannern in Online-Zeitungen eine untergeordnete Rolle. Für eine ähnliche THG-Emission pro FU müsste das Datenvolumen eines Online-Werbanners bei etwa 3,7 MB liegen, was jedoch bei statischer Bannerwerbung nicht praxisrelevant erscheint. Die Datenvolumina von beweglichen Bannern (z.B. gif-Bilder, Karussell) können allerdings durchaus bis zu 3 MB betragen oder sogar darüber liegen (Videoclips). Die Funktion bewegter Impressionen liegt jedoch außerhalb des in dieser Studie betrachteten Vergleichsgegenstands, da sich bei Printwerbung keine bewegte Impression realisieren lässt.

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 Zweckmäßigkeit der Festlegung des Systemnutzens, der Funktionellen Einheiten und der Systemgrenze

Das Ziel dieser Studie ist ein direkter Vergleich der THG-Potenziale, die mit der Herstellung und Rezeption von Werbeformaten verbunden sind (vgl. Abschnitt 2.1). Im Zuge der Modellierung der Produktsysteme mussten entsprechend diesem Ziel Festlegungen und Annahmen getroffen werden. Diese wurden jeweils begründet und transparent dokumentiert (vgl. Kapitel 2). Insbesondere bleibt festzuhalten, dass die in dieser Untersuchung betrachteten Werbeträger zur Generierung der Impressionen generischer Natur sind, das heißt, es erfolgt kein Vergleich konkreter Produkte. Stattdessen werden abstrakte „Prototypen“ in Print- und Onlineformaten analysiert, die einen typischen, repräsentativen Durchschnitt branchenüblicher Werbeträger darstellen sollen. Im Printbereich basiert dieser repräsentative Durchschnitt auf der Einschätzung der Auftraggeber und der von ihm bereitgestellten Grundgesamtheit aus Primärdaten von vier Ländern (DACH + NL). Im Online-Bereich basiert der repräsentative Durchschnitt auf Literaturwerten und Berechnungsmodellen, die in der Studie von Gröger et al (2020) zusammengestellt wurden.

Der Vergleich zweier Produktsysteme, die sich in ihrer technischen Realisierung und Auslieferung an die Rezipienten so grundlegend unterscheiden wie gedruckte und digitale Werbeformate, stellt eine besondere Herausforderung für die vorliegende Untersuchung dar. Um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen, ist die Festlegung einer Nutzenfunktion (Funktionelle Einheit) erforderlich, die beide Vergleichsgegenstände möglichst gleichartig erbringen. Im Fall der vorliegenden Untersuchung ist dies die Impression, verstanden als visuelle Wahrnehmung von Werbeinhalten durch Rezipient*innen. Impressionen sind in der Werbewirtschaft eine etablierte und zentrale Messgröße, um die Sichtbarkeit und Wirksamkeit potenzieller Werbeformate zu quantifizieren.

Durch die Zuordnung der THG-Potenziale von gedruckten und digitalen Werbeformaten zur Einheit „Impression“ (hier aus Gründen der Anschaulichkeit der Ergebnisse auf eine Million Impressionen skaliert) weist die vorliegende Studie eine hohe Anschlussfähigkeit an zentrale Paradigmen der Werbewirkungsforschung auf. Allerdings werden die weitergehenden technischen Funktionalitäten und Anwendungsmöglichkeiten der Online-Werbung in dieser vereinfachten Festlegung der Wirksamkeit der visuellen Wahrnehmung von Werbung nicht vollständig abgebildet. Diese Einschränkung ist für den Zweck dieser Studie unausweichlich, da gedruckte Werbung keine weiteren Funktionen mit sich bringt.

Je nach Werbeformat unterscheiden sich Impressionen grundlegend in ihrer Erfassbarkeit, Qualität und Wirkung. Bei gedruckten Werbeformaten handelt es sich in der Regel um passive Impressionen. Ihre Sichtbarkeit ist stark kontextabhängig – beispielsweise vom redaktionellen Umfeld – und lässt sich nur indirekt über Reichweitenmodelle oder Beobachtungsstudien erfassen. Die tatsächliche Wahrnehmung durch Rezipient*innen bleibt dabei häufig unbestimmt. Digitale Werbeformate ermöglichen hingegen eine präzisere und dynamischere Erfassung von Impressionen. Mithilfe von Tracking-Technologien wie Cookies, Pixel oder Logfile-Analysen können Sichtkontakte in Echtzeit gemessen und mit weiteren Nutzungsdaten (z. B. Verweildauer, Interaktionen) angereichert werden. Dies erlaubt nicht nur eine differenzierte Quantifizierung, sondern auch eine qualitative Bewertung der Impressionen im Hinblick auf die Werbewirkung.

All diese Aspekte der Online-Werbung sind jedoch nicht Teil der Vergleichsrechnung im Rahmen dieser Studie. Sie werden auch nicht als Koppelprodukt betrachtet, da sie keine Zusatzfunktion für

die Rezipienten, sondern für die Werbetreibenden bieten. Deshalb sind sie wiederum nicht mit Printwerbung zu vergleichen. Auch wurden Hintergrundprozesse wie die Vermarktung von Werbeplätzen, das Tracking von Usern, Retargeting und Werbe-Individualisierung, Browser-Fingerprinting und Event-Tracking, Social-Media-Erweiterungen sowie Abo-Verwaltung, Login-, Bezahlungsfunktionen und Verschlüsselung in dieser Studie nicht berücksichtigt. Insbesondere die Tracking- und Personalisierungsmechanismen stellen jedoch zentrale Treiber des Energieverbrauchs und des Ressourceneinsatzes in der Online-Werbewirtschaft dar. Die Nicht-Verfolgung weiterer Interaktionen außer der reinen Ansicht der Anzeigen vernachlässigt allerdings den Wert und die Effizienz von Online-Werbung, die sich gerade durch Interaktion und Messbarkeit auszeichnet. Ihre Nichtberücksichtigung in der Analyse führt zwangsläufig zu einer massiven Unterbewertung des tatsächlichen Nutzens als auch des ökologischen Fußabdrucks von Online-Werbung. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bilden somit nur einen Teilaspekt der Umweltwirkungen ab und unterschätzen potenziell relevante Emissionen und Ressourcenverbräuche, die durch diese zusätzlichen Prozesse verursacht werden. Für eine umfassende Bewertung des THG-Potenzials wäre daher eine Erweiterung der Systemgrenzen um diese Komponenten erforderlich.

Auch die redaktionellen Bestandteile von Tageszeitungen, die als Träger der Anzeigenwerbung dienen, werden im Rahmen der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt. Es wird zwar argumentiert, dass diese redaktionellen Teile als Treiber des Medienkonsums für Rezipient*innen fungieren und deshalb ursächlich für das Zustandekommen der Impression sind. Dieser Wirkungszusammenhang konnte im Rahmen dieser Studie jedoch nicht untersucht werden, da keine differenzierte Datengrundlage zur Verfügung stand. Die Vergleichsrechnung basiert stattdessen ausschließlich auf den Faktoren Anzeigengröße, Datenvolumen und Betrachtungsdauer, da hierfür eine quantifizierte Datengrundlage erstellt werden konnte (siehe Abschnitt 3).

Hinsichtlich der Zweckmäßigkeit der hier festgelegten Systemgrenze (siehe Abbildung 2-3) ist anzumerken, dass sie alle wesentlichen Prozesse und Vorketten der Generierung von Impressionen für beide Vergleichsgegenstände hinreichend abbildet. Eine relevante Besonderheit ist die Ausklammerung des biogenen Kohlenstoffinventars von Papier aus der Bilanzierung des THG-Potenzials von Printwerbung. Es wird davon ausgegangen, dass die Klimawirksamkeit dieses Kohlenstoffs als ausgeglichen gelten kann, da die zur Papierproduktion verwendeten Rohstoffe aus eher kurzlebigen Forstbeständen stammen. Der biogene Kohlenstoff wird durch Photosynthese aus atmosphärischem CO₂ in Zellulose eingebunden und innerhalb eines Zeitraums von 100 Jahren (GWP100) geerntet, zu Papier verarbeitet, als Werbeträger verwendet und am Ende seines Lebenszyklus durch Verbrennung oder Kompostierung wieder in CO₂ umgewandelt. Das bei Zeitungspapier üblicherweise stattfindende Papierrecycling verändert diesen Vorgang nicht grundsätzlich, sondern wirkt sich vielmehr mindernd auf den Rohstoffbedarf der Papierproduktion aus. Dieser Aspekt ist jedoch bereits mit der verwendeten Datengrundlage hinreichend abgebildet, sodass die Entsorgungsphase von Printprodukten aus der Systemgrenze ausgeklammert wurde (Cut-off).

Analog dazu wurde bei Online-Werbung die Entsorgungsphase von Elektroaltgeräten ausgeklammert. In diesem Fall spielt biogener Kohlenstoff keine Rolle. Vielmehr wird davon ausgegangen, dass die aus Elektroschrott rezyklierten metallischen Sekundärrohstoffe den Bedarf an metallischen Primärrohstoffen teilweise substituieren. Dies ist in den zugrundeliegenden Hintergrunddaten (Gröger 2020) berücksichtigt. Gleichwohl ist festzuhalten, dass für eine adäquate Bilanzierung der THG-Potenziale keine Datengrundlage zur Entsorgungsphase von Elektroaltgeräten aus Datenzentren, von denen Online-Werbung ausgespielt wird, zur Verfügung steht. Nach Abwägung wurde deshalb entschieden, diese Prozesse (analog zur Printwerbung) aus der Systemgrenze auszu-

klammern. Die daraus resultierende Unterschätzung der THG-Potenziale beider Vergleichsgegenstände wird als geringer eingeschätzt als die Fehlerspanne, die sich aus der Verwendung unzureichender Sachbilanzdaten für die End-of-Life-Phase ergeben würde.

5.2 Einfluss von Modellierungsannahmen auf die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung

Das zentrale Ergebnis der Studie zeigt, dass Print-Werbung in vielen praxisrelevanten Erscheinungsformen ein geringeres THG-Potenzial im Vergleich zu Online-Werbung aufweist. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die gewählten Modellierungsannahmen einen signifikanten Einfluss auf die Höhe des berechneten THG-Potenzials haben. Im Printbereich sind für die Umweltfreundlichkeit die Wahl des Papiers, die Größe bzw. der Kommunikationskanal sowie die Distribution von entscheidender Bedeutung. Im Kontext der Online-Werbung sind die übertragene Datenmenge, die im Internet ablaufenden Hintergrundprozesse sowie die IT-Infrastruktur von entscheidender Bedeutung. In beiden Bereichen besteht durchaus Optimierungspotenzial, um den eigenen ökologischen Fußabdruck zu reduzieren. Ein Vergleich ist daher stets im jeweiligen Kontext zu beurteilen.

Eine der ergebnisrelevanten Modellierungsannahmen im Print-Bereich betrifft die Vertriebswege der Printprodukte: In beiden Fällen wurde eine Zustellung an die Haushalte der Rezipienten nicht berücksichtigt, da keine Primärdaten für die Haushaltszustellung („letzte Meile“) vorlagen. Stattdessen wurde für Prospekte ein Vertrieb über die Auslage in Supermärkten und für Tageszeitungen ein Vertrieb über Verkaufsstellen angenommen. Dies führt zu einer gewissen Imbalance gegenüber dem Online-Bereich, da es für Online-Werbeträger keine analogen Vertriebsstellen gibt. Online-Inhalte werden direkt an die Endgeräte der Rezipienten übertragen, was funktional der Briefkastenzustellung entspricht. Diese Modellierungsannahme führt daher zu einer Unterschätzung des THG-Potenzials von Printwerbung. Das Ausmaß dieser Unterschätzung lässt sich schwer beziffern, da bei der Briefkastenzustellung erhebliche Variabilität hinsichtlich der Transportdistanzen und der eingesetzten Transportmittel besteht (z. B. Unterschiede zwischen Stadt und Land sowie zwischen den Ländern in der DACH-Region und den Niederlanden). Andere Ökobilanzen zu Tageszeitungen (Geltungsbereich: Spanien) beziffern den THG-Anteil der gesamten Distributionskette auf 3,8–9,6 %, bezogen auf die dort betrachtete FU (1 kg Zeitung) (Lozano-Medina et al. 2018).

Für die Online-Werbung wurden Annahmen getroffen, wie eine technische Infrastruktur zur Bereitstellung und Auslieferung digitaler Inhalte mindestens ausgestattet sein muss. Dabei wurde zwischen den Bereichen Anzeigegeräte, Netzwerk, anbieterseitige Informationstechnik und externe IT-Dienstleistungen unterschieden (vgl. Kapitel 3.2). Es wurden jeweils plausible Annahmen für Nutzungsintensitäten und Gerätezusammensetzung getroffen. Im Einzelfall können sich diese Rahmenbedingungen jedoch deutlich von den getroffenen Annahmen unterscheiden. Der Mangel an Primärdaten und die damit verbundene starke Abhängigkeit von generischen Literaturwerten im Online-Bereich erschweren eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit dem Printbereich erheblich. Zwar standen für den Printbereich Primärdaten aus spezifischen Treibhausgas-Reporten von Druckereien in vier verschiedenen Ländern zur Verfügung, jedoch weisen diese Daten eine erhebliche Varianz auf. Der daraus berechnete Median-Wert der einzelnen Input- und Outputdaten ist daher nicht zwangsläufig robuster oder repräsentativer als die im Online-Bereich verwendeten generischen Literaturwerte. Insgesamt führt dies dazu, dass die Vergleichbarkeit der beiden Bereiche methodisch eingeschränkt bleibt und die Aussagekraft der Ergebnisse entsprechend relativiert werden muss.

Nachfolgend wird daher dargestellt, welche dieser Modellierungsannahmen voraussichtlich einen besonders hohen Einfluss auf die Ergebnisberechnung haben können.

Bei den Anzeigegeräten, die insbesondere bei digitalen Werbebannern den wesentlichen Einfluss auf die Treibhausgasemissionen haben, wurde ein durchschnittlicher Gerätemix der deutschen Internetnutzer zugrunde gelegt (Postbank 2024). Die Geräte selbst unterscheiden sich deutlich untereinander, sowohl was ihren Herstellungsaufwand, ihre technische Lebensdauer als auch ihren Energieverbrauch betrifft. Unterstellt man nun einen abweichenden Gerätemix zum Betrachten von Online-Publikationen (beispielsweise vermehrt Tablet-Computer statt Smartphones) oder eine Veränderung der technischen Lebensdauern, variieren auch die Treibhausgasemissionen der Anzeigegeräte.

Bei der modellierten anbieterseitigen Informationstechnik wurde davon ausgegangen, dass für diese digitalen Produkte ein eigener Server und ein Netzwerk-Switch betrieben werden (Gröger 2020). Dies führte bei den Treibhausgasemissionen von Online-Prospekten zu einer Dominanz der anbieterseitigen IT-Infrastruktur. Da die hier untersuchten digitalen Produkte jedoch in der Regel nicht isoliert, sondern zusammen mit redaktionellen Inhalten und ggf. einer Vielzahl weiterer digitaler Dienste angeboten werden, können die THG-Potenziale durch die eigene IT auf wesentlich mehr Nutzungseinheiten verteilt werden, als im Fokus dieser Untersuchung standen. Die IT-Infrastruktur wurde unter der Annahme, dass pro Anbieter jeweils ein Server genutzt wird, sehr hoch bewertet. Die Nutzung virtueller und geteilter Ressourcen würde die Treibhausgasemissionen der Datenspeicherung und -auslieferung prinzipiell deutlich reduzieren.

In dieser Untersuchung wurde bei der Inanspruchnahme von Netzwerk-Ressourcen zur Datenübertragung ein service-spezifischer Ansatz gewählt, indem die Treibhausgasemissionen auf Grundlage der übertragenen Datenmenge (g CO₂e/GB) berechnet wurden. Die Untersuchung der beiden Netzzugangsvarianten (mobil oder kabelgebunden, vgl. Tabelle 3-6) hat gezeigt, dass beide Übertragungswege zu ähnlichen Treibhausgasemissionen führen. Die Unterstellung eines Zusammenhangs zwischen übertragener Datenmenge und Energieverbrauch bzw. Emissionen ist jedoch bereits eine Modellannahme, die teilweise umstritten ist, da Telekommunikationsnetzwerke einen hohen Energieverbrauch im Stand-by aufweisen, der bei steigender Datenübertragung nur unwesentlich steigt. Anstatt eine Kennzahl anhand des gesamten Energieverbrauchs des Telekommunikationsnetzes und der gesamten übertragenen Datenmenge zu bilden, könnten die Treibhausgasemissionen beispielsweise auch pro Kunde ausgewiesen werden – unabhängig davon, wie viele Daten dieser überträgt.

Für den Bereich der externen IT-Dienstleistungen wurde die vorliegende Untersuchung auf die Nutzung von Content Delivery Networks (CDN) beschränkt. Online-Werbung ist jedoch dafür bekannt, dass die Werbeplätze über aufwändige Auktionsverfahren vergeben werden und dass zusätzlich erhebliche Datenmengen über Tracking-Werkzeuge erfasst und weitergehend ausgewertet werden. Die externen IT-Dienstleistungen, die hier über deren Preis modelliert wurden, stellen daher eine grobe Vereinfachung dessen dar, was im E-Commerce-Bereich tatsächlich an komplexen Diensten beansprucht wird. Werden diese Dienste noch um Anwendungen der künstlichen Intelligenz (KI) erweitert (z. B. kundenspezifische Ansprache, Korrelation mit historischem Kaufverhalten), so kann auch hier der tatsächliche Energieverbrauch und die damit zusammenhängenden Treibhausgasemissionen noch deutlich höher liegen als hier modelliert.

5.3 Relevante Ergebnisse der Wirkungsabschätzung

Die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung der vorliegenden Untersuchung wurden in Kapitel 4 ausführlich dargestellt. Im folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse der Studie interpretiert.

Die in Abschnitt 4.3 zusammengefassten Ergebnisse der Vergleichsrechnung zeigen anhand des Treibhausgaspotenzials, dass die Printwerbung für die beiden betrachteten Werbeformate (Prospekte und Anzeigen) ein geringeres THG-Potenzial verursacht als deren digitale Pendanten.

Bezogen auf die Funktionelle Einheit „Generierung von 1 Mio. Impressionen“ haben gedruckte Werbeprospekte mit 642 kg CO₂e einen fünffach geringeren Carbon Footprint als Online-Werbeprospekte im pdf-Format (3.360 kg CO₂e) (s. Tabelle 4-2). Bei Anzeigewerbung in Tageszeitungen weist die Print-Variante ebenfalls eine deutlich geringere Klimawirkung (67 kg CO₂e) im Vergleich zu Werbebannern in Online-Tageszeitungen (102 kg CO₂e) auf, wenn auch der Unterschied weniger ausgeprägt ist. Die Berechnungsergebnisse verdeutlichen hierbei auch den signifikanten Einfluss des Faktors „Reichweite“: Bei einem direkten Vergleich der Werbeformate ohne Berücksichtigung der Reichweite (s. Tabelle 4-1) zeigt sich zwar ebenfalls eine geringere Klimawirkung des gedruckten Prospekts, jedoch schneidet die Anzeige in der Print-Tageszeitung schlechter ab als das Online-Werbebanner. Die höhere angenommene Reichweite der Printmedien ist demzufolge richtungsentscheidend für den Vergleich der THG-Potenziale.

Die Beitragsanalyse zeigt die wichtigsten Einflussfaktoren für das Treibhausgaspotenzial: Bei beiden betrachteten Print-Werbeformaten (Prospekt / Anzeige in Tageszeitung) sind dies jeweils die Papierherstellung (52 % bzw. 40 %) und die Stromerzeugung für den Druckprozess (19 % bzw. 26 %). Bei Online-Werbeformaten stellt sich das Ergebnis der Beitragsanalyse unterschiedlich dar: Bei Online-Prospekten wird das THG-Potenzial durch die Nutzung der anbieterseitigen Serverinfrastruktur (64 %) dominiert, gefolgt vom Betrieb von Datenübertragungs-Netzwerken (18 %). Bei Werbebannern in Online-Tageszeitungen trägt die Nutzung von Consumer-Endgeräten zur Anzeige der Werbung den deutlich größeren THG-Anteil (78 %), gefolgt von der anbieterseitigen Serverinfrastruktur (16 %).

Die Sensitivitätsanalysen zeigen, wie sich die getroffenen Annahmen zu den Parametern der Sachbilanz auf die Ergebnisse der Vergleichsrechnung auswirken:

- **Papiersorte:** Die hier vorgestellten THG-Potenziale für Werbeformate in Printmedien gelten für ein Papier mit einem gemäß Eigendeklaration des Herstellers vergleichsweise niedrigen Carbon Footprint. Bei Verwendung anderer Papiersorten mit einem höheren Carbon Footprint kann sich der Vorteil hinsichtlich der Klimawirkung gegenüber Online-Werbung verringern (siehe Abschnitt 4.5). Die Analyse zeigt, dass der ökologische Vorteil von Print-Anzeigen gegenüber Online-Werbung bei ungünstigeren Papiersorten deutlich schrumpft. Die Wahl des Papiers hat somit einen erheblichen Einfluss auf die THG-Bilanz von Printprodukten.
- **Anzeigengröße** in Printmedien: Je größer die mit Anzeigen bedruckte Papierfläche ist, desto größer ist das zugeordnete THG-Potenzial. Der Break-even-Punkt zum Online-Werbebanner liegt unter Beibehaltung der anderen Parameter bei ca. 84 cm² (Reichweite 1) (siehe Abschnitt 4.6). Das bedeutet, dass ab dieser Größe die Umweltwirkung von Print und Online vergleichbar ist. Bei höherer Reichweite liegt der Break-even-Punkt natürlich entsprechend höher. Daraus lässt sich schließen, dass größere Print-Anzeigen ihren Vorteil im Sinne eines geringeren THG-Potenzials verlieren können.

- **Betrachtungsdauer** von Online-Werbung: Während die Betrachtungsdauer bei Printwerbung unter den getroffenen Annahmen keine Rolle spielt, hat sie einen wesentlichen Einfluss auf das THG-Potenzial der Online-Werbung: Je länger die Werbung betrachtet wird, desto höher ist das THG-Potenzial: Bei Online-Prospekten liegt das THG-Potenzial in jedem Fall über dem von Print-Prospekten. Besonders relevant ist die Erkenntnis, dass Online-Werbeposter nur bei sehr kurzen Betrachtungsdauern – konkret unter 1,4 Sekunden – einen ökologischen Vorteil gegenüber Print-Anzeigen in Tageszeitungen aufweisen. In den meisten realen Nutzungsszenarien, in denen Nutzer eine Seite länger als 1,4 Sekunden betrachten, ist der Online-Werbeposter ökologisch nachteiliger als die Print-Anzeige. Der Online-Prospekt schneidet ohnehin in allen Szenarien schlechter ab als die Print-Variante.
- **Datenvolumina** von Online-Werbung: Sensi 4 (siehe Abschnitt 4.8) zeigt, dass das THG-Potenzial der Online-Werbung maßgeblich von deren Datenvolumen abhängt: Während sich bei Online-Prospekten kein praktikabler Wert für einen Break-even-Punkt mit dem Printprospekt ermitteln ließ (die Prospekt-Impression müsste kleiner als 0,325 MB bei einer Betrachtungsdauer von unter 2,5 Sekunden sein), wäre bei Online-Werbepostern sogar ein Datenvolumen möglich, dass über die praktisch sinnvolle Anwendung hinausgeht. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass das THG-Potenzial von Online-Werbung maßgeblich vom übertragenen Datenvolumen abhängt. Selbst bei einer deutlichen Reduktion der Datenmengen kann laut den Autoren kein praktikabler Break-even-Punkt für Online-Prospekte im Vergleich zu Print-Prospekten erreicht werden.

Zusammenfassend wird deutlich, dass das Verhältnis des THG-Potenzials von Online-Werbung im Vergleich zu Print-Produkten stark von spezifischen Rahmenbedingungen abhängt. In vielen realistischen Szenarien – insbesondere bei längerer Betrachtungsdauer und höheren Datenvolumina – liegt das THG-Potenzial der Online-Werbung über dem von gleichartigen Impressionen in Print-Produkten. Die Sensitivitätsanalysen unterstreichen die Notwendigkeit, die jeweiligen Einflussfaktoren differenziert zu betrachten, um belastbare Aussagen zur Umweltwirkung verschiedener Werbeformen treffen zu können.

Abschließend sei angemerkt, dass die in den Sensitivitätsanalysen getesteten Parameter in der Praxis kaum unabhängig voneinander variiert werden können. Darüber hinaus stehen sie im Kontext einer Vielzahl weiterer Parameter, deren Einfluss hier nicht getestet werden konnte. Die Ergebnislage ist darüber hinaus sehr stark abhängig von den individuellen technischen Charakteristika der Werbeformate sowie den individuellen Einstellungen und Präferenzen der Werbetreibenden und der Rezipienten. So hängt beispielsweise der Parameter Datenvolumen beim Download von Werbung auf das Anzeigegerät von den jeweiligen Standardeinstellungen der benutzten Software (Browser, Apps) ab. Technologien wie „Lazy Loading“ (in dieser Studie nicht betrachtet) können dazu beitragen, die Datenvolumina von Online-Werbung deutlich zu reduzieren; dies kann jedoch wiederum zulasten der Anzeigedauer gehen.

6 Referenzliste

- Arbeitsgemeinschaft Media-Analysen (2025): Medienanalyse MA 24/25 Presse. Online verfügbar unter <https://www.media-analyse.at/table/4434>.
- BDZV (undatiert): Media Lexikon. Begriffe aus der "Media"-Welt. Hg. v. BDZV – Bundesverband Digitalpublisher und Zeitungsverleger e.V. Online verfügbar unter <https://www.die-zeitungen.de/media/faq/media-lexikon.html>.
- Bundesnetzagentur (2023): - Presse - Jahresbericht Telekommunikation 2023. Bundesnetzagentur. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2024/20240516_JB_TK2023.html, zuletzt aktualisiert am 10.04.2025, zuletzt geprüft am 10.04.2025.
- Busa, A. (2019): Life Cycle Assessment of Dell R740. thinkstep. Online verfügbar unter https://www.delltechnologies.com/asset/en-us/products/servers/technical-support/Full_LCA_Dell_R740.pdf.
- Deutsche Umwelthilfe e.V. (2023): Ohne Ende Werbung – das Müllproblem gedruckter Werbepost. Hintergrundpapier der Deutschen Umwelthilfe. Hg. v. Deutsche Umwelthilfe e.V. Online verfügbar unter https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Kreislaufwirtschaft/231006_DUH_Hintergrundpapier_ungewollte_Werbepost_FINAL.pdf, zuletzt geprüft am 21.10.2024.
- DIN EN ISO 14067:2019-02, 2019: DIN EN ISO 14067:2019-02 Treibhausgase - Carbon Footprint von Produkten - Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung.
- eye square GmbH (2020): Die magischen 2,5 Sekunden - Media Attention Benchmark. Unter Mitarbeit von Anastasia Derenko. Hg. v. eye square GmbH. eye square GmbH. Online verfügbar unter <https://www.eye-square.com/de/wp-content/uploads/sites/6/2020/03/MediaAttentionBenchmarkDEUblaucovers.pdf>, zuletzt geprüft am März 2025.
- Felser, G. (2015): Werbe- und Konsumentenpsychologie. 4. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer.
- Gröger, J. (2020): Digitaler CO₂-Fußabdruck. Öko-Institut e.V. Online verfügbar unter [https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Digitaler-CO₂-Fussabdruck.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Digitaler-CO2-Fussabdruck.pdf).
- Gröger, J.; Liu, R.; Stobbe, L.; Druschke, J.; Richter, N. (2021): Green Cloud Computing. Lebenszyklusbasierte Datenerhebung zu Umweltwirkungen des Cloud Computing. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/green-cloud-computing>, zuletzt geprüft am 26.03.2024.
- Icha, P.; Lauf, T. (2024): Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2023. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-treibhausgas-10>.
- IPCC (2013): The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Unter Mitarbeit von Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.). Hg. v. IPCC. Cambridge University Press. Cambridge. Online verfügbar unter <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.
- IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Hg. v. Zhai, V., P., A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, et al. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Online verfügbar unter https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf, zuletzt geprüft am 14.09.2024.
- DIN EN ISO 14040:2021, 2021: ISO 14040:2021 Edition 2 Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006 + Amd 1:2020), zuletzt geprüft am 24.09.2024.
- KONEX Marketing (2024): Online Marketing von A bis Z / Impressionen. Hg. v. KONEX Marketing GbR. Online verfügbar unter <https://konex-marketing.de/glossar/impressionen/>.
- Lenzing Papier GmbH (2024): EPD Lenza Top Recycling Pure.
- Microsoft (2024): 2024 Environmental Sustainability Report Data Fact Sheet. Online verfügbar unter <https://cdn-dynmedia-1.microsoft.com/is/content/microsoftcorp/microsoft/msc/documents/presentations/CSR/2024-Environmental-Sustainability-Report-Data-Fact.pdf>, zuletzt geprüft am 10.04.2025.
- Microsoft (2025): Content Delivery Network – Preise. Online verfügbar unter <https://azure.microsoft.com/de-de/pricing/details/cdn/>.
- Norske Skog (2024): Environmental Product Declaration (EPD) NorX. Online verfügbar unter <https://www.norskeskog.com/sustainability/environment/paper-profile>.
- Norske Skog AS (2024a): EPD for Norcote Bruck H.
- Norske Skog AS (2024b): EPD Nornews.

- Postbank (2022): Das Smartphone wird immer mehr zum Internet-Tool der Deutschen. Medieninformation vom 14.04.2022. Online verfügbar unter <https://www.postbank.de/unternehmen/medien/meldungen/2022/april/das-smartphone-wird-immer-mehr-zum-internet-tool-der-deutschen.html>.
- Postbank (2024): Aktuelle Ergebnisse der jüngsten Postbank Digital-studie. Online verfügbar unter <https://www.postbank.de/themenwelten/wissen-leben/ergebnisse-der-juengsten-postbank-digitalstudie.html>, zuletzt geprüft am 10.04.2025.
- Sappi Europe (2024): EPD Magno Satin.
- SEO-Küche (2022): CRO Lexikon bzw. Glossar / Impressionen. Hg. v. SEO-Küche Internet Marketing GmbH & Co. KG. Online verfügbar unter <https://www.seo-kueche.de/lexikon/impressionen/>.
- Stora Enso (2021): Environmental Product Declaration (EPD) EnviPress. Hg. v. Stora Enso. Online verfügbar unter [https://4056792.fs1.hubspotusercontent-eu1.net/hubfs/4056792/Paper/Sustainability%20School/Paper%20Profile%202020%20EnviPress%20\(Maxau\).pdf](https://4056792.fs1.hubspotusercontent-eu1.net/hubfs/4056792/Paper/Sustainability%20School/Paper%20Profile%202020%20EnviPress%20(Maxau).pdf).
- UPM-Kymmene Corporation (2024a): Environmental Product Declaration (EPD) Newsprint paper. (UPM News, UPM EcoBasic, UPM Brite). Helsinki, Finland. Online verfügbar unter https://www.upm.com/siteassets/documents/responsibility/certificate-finder/environmental-product-declaration/paper-profile---upm-schongau-news_pm7.pdf.
- UPM-Kymmene Corporation (2024b): SC paper (UPM Eco, UPM Max, UPM Smart, UPM Opalite, UPM Brite, UPM Book UPM News, UPM EcoPrime, UPM Pure)UPM Max).
- Wellenreuther, F.; Detzel, A.; Krüger, M.; Busch, M. (2022): Updated life-cycle assessment of graphic and tissue paper. background report. Hg. v. German Environment Agency. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_123-2022_updated_life-cycle_assessment_of_graphic_and_tissue_paper_-_background_report.pdf.

Anhang: Bericht über die Kritische Prüfung gem. ISO 14071:2024 i.V.m DIN EN ISO 14067:2019-02

Titel der Studie:

Vergleichende Bewertung des Treibhausgaspotenzials von Printwerbung im Vergleich zu Online-Werbung - PCF-Vergleichsrechnung für Werbeanzeigen in gedruckter Form und Werbeanzeigen im Onlineformat

Geprüfte Version:

PCF_Print_vs_Digital_Werbung final post review clean vom 3. November 2025

Auftraggeber: Austropapier, Bundesverband Druck und Medien e.V., dpsuisse, Jorcon b.v. (Niederlande) und Verband Druck Medien Österreich.

Durchgeführt von: Öko-Institut Consult GmbH (Dr. Andreas R. Köhler, Jens Gröger)

Prüfer: Joachim Felix Aigner (Umweltingenieur & Ökobilanz-Experte), Email:

jo.aigner@online.de

Datum: 5. November 2025

Inhalte

1	Ziel der Prüfung	2
2	Ablauf und Umfang der Prüfung	2
3	Beurteilung und Empfehlungen des Prüfers	3
3.1	Ziel und Untersuchungsrahmen sowie Vergleichbarkeit der untersuchten Produktsysteme	3
3.2	Nachvollziehbarkeit der Systemgrenzen, Annahmen und Allokationen	3
3.3	Auswahl und Dokumentation der Datengrundlagen	3
3.4	Plausibilität der Ergebnisse und der Interpretation	3
3.5	Transparenz und Konsistenz der Berichterstattung	4
4	Ergebnis der Prüfung	4
5	Haftungsausschluss und Unterschrift	4

Anlagen

- Stellungnahme der Ersteller der Ökobilanz zum Bericht über die Kritische Prüfung gem. ISO 14071:2024 i.V.m DIN EN ISO 14067:2019-02
- Umgang mit den Kommentaren des Prüfers einschließlich der jeweiligen Umsetzung durch die Ersteller der Ökobilanz

1 Ziel der Prüfung

Die kritische Prüfung wurde gemäß den Anforderungen der **DIN EN ISO 14067:2019-02** sowie den allgemeinen Prinzipien der ISO 14040 und ISO 14044 durchgeführt.

Die Prüfung dient dazu sicherzustellen, dass:

- die verwendeten Methoden zur Durchführung der Ökobilanz (LCA) mit den relevanten internationalen Normen konsistent sind,
- die angewandten Methoden wissenschaftlich und technisch valide sind,
- die verwendeten Daten im Hinblick auf das Ziel der Studie angemessen und sinnvoll gewählt wurden,
- die Interpretationen die identifizierten Limitationen sowie das Ziel der Studie widerspiegeln,
- der Studienbericht transparent, nachvollziehbar und konsistent dokumentiert ist.

2 Ablauf und Umfang der Prüfung

Die Prüfung erfolgte als **unabhängige Einzelprüfung am Ende der Studie** (*critical review by external expert at the end of the study*). Der Prüfprozess bestand aus:

1. **Erstprüfung:** Erstellung eines strukturierten Fragen- und Kommentarkatalogs auf Basis der 1. Entwurfsfassung.
2. **Stellungnahmen der Autoren:** Übermittlung schriftlicher Antworten und Einreichung einer überarbeiteten, finalen Fassung.
3. **Zweitprüfung und Nachbewertung:** Bewertung der Korrekturen zu allgemeinen sowie spezifischen Kommentaren und Änderungsvorschlägen.

Die Prüfung basierte ausschließlich auf der schriftlich dokumentierten Fassung (1. Entwurfsfassung sowie finale Fassung) der Ökobilanzstudie, die von den Autoren zur Verfügung gestellt wurde. Der Umgang mit den Kommentaren des Prüfers einschließlich der jeweiligen Umsetzung durch die Autoren (grün markierter Text) ist als Tabelle am Ende des Prüfberichts angefügt.

Der Umfang der Prüfung umfasste die Beurteilung von:

- Ziel und Untersuchungsrahmen sowie Vergleichbarkeit der untersuchten Produktsysteme,
- Nachvollziehbarkeit der Systemgrenzen, Annahmen, Allokationen
- Auswahl und Dokumentation der Datengrundlagen,
- Plausibilität der Ergebnisse und der Interpretation,
- Transparenz und Konsistenz der Berichterstattung.

Nicht Gegenstand der Prüfung waren:

- eine eigenständige Detailprüfung oder Replikation des vollständigen Life Cycle Inventory (LCI)-Modells,
- die Analyse einzelner Primärdatensätze.

3 Beurteilung und Empfehlungen des Prüfers

Die folgenden Abschnitte strukturieren die wesentlichen Prüfungsergebnisse gemäß den zentralen Zielen und Umfang der kritischen Prüfung.

3.1 Ziel und Untersuchungsrahmen sowie Vergleichbarkeit der untersuchten Produktsysteme

Die Zieldefinition und die funktionelle Einheit (*1 Mio. Impressionen*) sind klar beschrieben, normkonform und für den Vergleich von Print- und Online-Werbung geeignet.

Der Untersuchungsrahmen, einschließlich des geografischen Geltungsbereichs (DACH + NL), ist nachvollziehbar dokumentiert. Die Studie adressiert die systemimmanenten funktionellen Unterschiede beider Kommunikationsformen sachlich und differenziert.

Weiterführende Empfehlung:

Die Limitationen aufgrund der inhärent unterschiedlichen Systemfunktionen könnten durch weitere (quantitative) Vergleichsdaten (z. B. Reichweitenstudien oder Mediennutzungsanalysen) weiter unterlegt werden.

3.2 Nachvollziehbarkeit der Systemgrenzen, Annahmen und Allokationen

Die Systemgrenzen sind vollständig und funktional symmetrisch definiert.

Allokationsentscheidungen (mengenbasiert für Druckprozesse, zeit- bzw. volumenbasiert für digitale Systeme) sind methodisch begründet, mittels Quellen belegt und mit der Zielsetzung der Studie konsistent. Die Annahmen zu Betriebsparametern (z. B. Reichweite, IT-Allokation) sind plausibel, jedoch nur teilweise durch Literatur oder alternative Datenquellen abgesichert.

Weiterführende Empfehlung:

Ergänzende Literaturrecherchen oder Datensensitivitäten zu den Allokationen (insbesondere IT- und Reichweitenannahmen) würden die quantitative Belastbarkeit der Ergebnisse erhöhen.

3.3 Auswahl und Dokumentation der Datengrundlagen

Die Datengrundlage ist umfassend, transparent und aktuell. Primärdaten stammen aus realen Druckbetrieben und wurden auf Basis eines Quervergleichs der länderspezifischen Primärdaten und Literaturangaben plausibilisiert. Spezifische Datenquellen und Sachbilanzen sind transparent und anhand eines Datenherkunftsindex dokumentiert, was eine Reproduzierbarkeit und unabhängige Überprüfung der Ergebnisse ermöglicht.

3.4 Plausibilität der Ergebnisse und der Interpretation

Die Ergebnisse der Studie sind methodisch nachvollziehbar und stimmig mit den zugrunde gelegten Annahmen. Die Interpretation der Ergebnisse erfolgt neutral, transparent und reflektiert die Limitationen der Modellierung, insbesondere hinsichtlich funktioneller Unterschiede und unterschiedlicher Datenquellen. Die Diskussion der Reichweite von Print-Werbung, der Allokation von IT-Systemen und der geografischen Übertragbarkeit ist nachvollziehbar, könnte jedoch durch quantitative Unsicherheitenanalyse vertieft werden.

Weiterführende Empfehlung:

Die bestehende Sensitivitätsanalyse sollte durch eine quantitative Unsicherheitenanalyse

ergänzt werden, um Varianzen zentraler Parameter (Reichweite, IT-Allokation, Druckprozesse) darzustellen und deren Einfluss auf die Ergebnisse quantitativ zu belegen.

3.5 Transparenz und Konsistenz der Berichterstattung

Die Studie ist sehr detailliert, transparent und nachvollziehbar dokumentiert. Weiterhin ist der Bericht sprachlich konsistent und frei von inhaltlichen Unklarheiten.

4 Ergebnis der Prüfung

Die Prüfung ergibt, dass die Studie den Anforderungen der DIN EN ISO 14067:2019-02 sowie den allgemeinen Prinzipien der ISO 14040 und ISO 14044 entspricht.

Die Studie ist für die externe Kommunikation geeignet.

Die verbleibenden Anmerkungen stellen keine wesentlichen Normabweichungen dar, sondern betreffen vertiefende Verbesserungen zur weiteren Absicherung und Kontextualisierung der Ergebnisse.

5 Haftungsausschluss und Unterschrift

Der Prüfer bestätigt seine Eignung sowie Unabhängigkeit gegenüber Auftraggeber und Autoren der Studie.

Dieser Bericht stellt die unabhängige fachliche Bewertung des Prüfers dar. Die Verantwortung für Modellierung, Daten und Berechnungen liegt bei den Autoren der Studie.

Die Bewertung gilt ausschließlich für die geprüfte Endversion *PCF_Print_vs_Digital_Werbung final post review clean* vom 3. November 2025.

Ort, Datum: München, 5. November 2025



Name: Joachim Felix Aigner (unabhängiger Prüfer)

Anlagen:

- Stellungnahme der Ersteller der Ökobilanz zum Bericht über die Kritische Prüfung gem. ISO 14071:2024 i.V.m DIN EN ISO 14067:2019-02
- Umgang mit den Kommentaren des Prüfers einschließlich der jeweiligen Umsetzung durch die Ersteller der Ökobilanz

**Stellungnahme der Ersteller der Ökobilanz zum Bericht über die Kritische Prüfung
gem. ISO 14071:2024 i.V.m DIN EN ISO 14067:2019-02**

Die Ersteller der Ökobilanz danken dem Prüfer für die kollegiale Zusammenarbeit, die eingehende Durchsicht und die fundierte kritische Prüfung der Studie. Darüber hinaus begrüßen wir es sehr, dass Herr Aigner auch zu einigen Aspekten weiterführende Empfehlungen abgeleitet hat. Diese sind aus unserer Sicht dazu geeignet, die Transparenz und Belastbarkeit der Studie weiter zu erhöhen. Wir bedauern, dass die dafür erforderlichen Ressourcen den (zeitlichen, finanziellen und inhaltlichen) Rahmen der Studie übersteigen würden.

Freiburg, 5.11.2025

Dr. Andreas Köhler (Projektleitung)

Tabelle - Umgang mit den Kommentaren des Prüfers einschließlich der jeweiligen Umsetzung durch die Ersteller der ökobilanz (grün markierter Text)

Kapitel	Seitenzahl bezogen auf 1. Entwurfssfassung vom 29.09.2025	Frage/Kommentar/Anmerkung des Prüfers	Antwort/Stellungnahme/Korrektur der Autoren
2.2.3	17/8	Der angenommene Wert für die jew. Reichweite der Print-Formate ist ein einflussreicher Parameter. Woher stammt dieser Wert und beinhaltet die Reichweite implizit auch eine Annahme über nicht gelesene Print-Exemplare? - Erläuterung im Report ergänzt	Die Reichweite wurde von den Auftraggebern (AG) im Rahmen telefonischer Kommunikation als Leser pro Exemplar (LpE) angegeben. Genauere Hintergründe zur Annahme von nicht gelesenen Print-Exemplaren wurden nicht genannt. Gemäß der in der Literatur gegebenen Definition des Begriffs „LpE“ fallen nicht verkaufte Exemplare nicht darunter. Es wird vereinfachend davon ausgegangen, dass sich die Auflage nahe an der prognostizierten Leserschaft orientiert. Bei Auslagen von Prospekten in Supermärkten ist dieser Parameter für Werbetreibende besser ermittelbar als bei Prospekten, die als Zeitungsbeileger oder Postwurfsendungen vertrieben werden.
2.2.4	19ff	Die geographische Systemgrenze könnte expliziter genannt werden an dieser Stelle. (Annahme des Prüfers: geographische Referenz ist DE, da dieser Strommix bei Papierherstellung sowie digitaler Infrastruktur angenommen wird?) - Erläuterung im Report ergänzt	Die geografische Systemgrenze für den Druck der Printprodukte ist der DACH+NL-Raum. Da keine empirische Datengrundlage zur Verteilung der Auflagen pro Land Verfügung stand, wurde der Strommix der betreffenden Länder anteilig nach folgender Annahme aufgeteilt: D (40 %), A (20 %), CH (20 %), NL (20 %). Die Papierherstellung wurde mit dem Strommix des jeweiligen Ortes der Papierherstellung laut Paperprofiles modelliert.
2.2.6.3	24	Wurden neben der mengenbasierten Allokation für die Druckereiprozesse auch andere Allokationsschlüssel geprüft oder in Betracht gezogen? Keine Änderung im Report	Die Allokation für die Druckerei-prozesse basiert im Wesentlichen auf den vom AG zur Verfügung gestellten Sachbilanzdaten. Diese beruhen nach Auskunft des AG auf einer mengenbasierten Datenbasis, die auf standortbezogenen Erhebungen für das GHG-Reporting mit Hilfe des Tools ClimateCalc basiert. Andere (z. B. ökonomische) Allokationsmethoden wurden von den Autoren der LCA nicht angewandt, da hierfür keine Daten zur Verfügung standen.

Kapitel	Seitenzahl bezogen auf 1. Entwurfssfassung vom 29.09.2025	Frage/Kommentar/Anmerkung des Prüfers	Antwort/Stellungnahme/Korrektur der Autoren
3.1	32	Wie wurde die genannte Konsistenzprüfung für die Sachbilanzen der Druckereien durchgeführt und wurde auch die Qualität bzw. Plausibilität der Daten überprüft? Wurden die Daten ggf. auch mit prozessbasierten (bottom-up) Datensätzen für vergleichbare Druckereiprozesse aus Literatur o.ä. verglichen? Keine Änderung im Report	Die Studienautoren prüften die Konsistenz und Plausibilität der Sachbilanzen auf Basis eines Quervergleichs der länderspezifischen Primärdaten und Literaturangaben. Unklarheiten und Datenlücken wurden in mehreren Iterationen mit dem AG adressiert. Der AG hat dazu Rücksprache mit den jeweiligen Datenlieferanten (Druckereien) gehalten. Bottom-up-Datensätze für einzelne Druckereiprozesse wurden jedoch nicht zur Verfügung gestellt.
3.2.3	39	Warum werden THG Emissionen bei anbieterseitiger Informationstechnik über Zeitdauer für Auslieferung der digitalen Inhalte allokiert und nicht wie bei der Netzwerktechnik über die Datenvolumina? Welche konkrete Annahme (Anzahl Stunden) wurde hierfür getätigt und wie wurde diese berechnet? - Erläuterung im Report ergänzt	Die Berechnung der THG-Potenziale basiert auf Kennzahlen (KPIs), die die Stromverbräuche der Anzeigegeräte beinhalten. Diese sind eine Funktion der Zeit (Stromverbrauch für die Dauer der Rezeption einer Impression), während die THG-Potenziale der Netzwerkinfrastrukturen als Funktion der Datenvolumina charakterisiert sind.
3.2.5	40	Tabelle 3-9 ist etwas unklar. Zunächst ist die Rede von Materialbedarf und in der Tabellenbezeichnung dann von CO2e Potenzialen – welche Mengen sind hier gemeint und wie wurden diese errechnet? Text überarbeitet	Die Tabelle und die Erläuterung werden in der Endfassung überarbeitet. Die Angaben zum Materialbedarf sind Bestandteil der LCA-basierten THG-Berechnung aus der Quelle „Gröger 2020“, die als KPI in diese Studie eingeflossen ist.
3.2.8	42	Die jeweiligen Anteile der Anzeigegeräte ergeben nicht 100% (sondern 83%) – wurden diese schlicht anteilig hochgerechnet um die Verteilung der digitalen Formate zu gewährleisten Text überarbeitet	Aus den in den Quellen genannten Zugangswegen zu Onlinemedien wurden nur die für die Rezeption von Tageszeitungen und Prospekten relevanten Geräte berücksichtigt. Spielekonsolen, Sprachassistenten, Wearables etc. waren nicht Teil der Betrachtung. Außerdem erfolgte eine Aufschlüsselung der durch Mehrfachnennungen überlappenden Gerätenutzung.
4.1	43	Der Satz „Die anderen betrachteten Umweltwirkungen zeigen dieses flächenbezogene Verhältnis nicht, da hier andere Einflussfaktoren stärker ins Gewicht fallen.“ sollte gelöscht werden, da nur THG betrachtet werden Satz gelöscht	Wird in der Endfassung wie vorgeschlagen überarbeitet.

Kapitel	Seitenzahl bezogen auf 1. Entwurfssfassung vom 29.09.2025	Frage/Kommentar/Anmerkung des Prüfers	Antwort/Stellungnahme/Korrektur der Autoren
4.1	43/44	Ist die genannte Lebenszyklusphase „Strommix DACH+NL“ gleichzusetzen mit Druckereiprozess? (Tabelle 4-3/4-4). Sofern dies so ist könnte diese Lebenszyklusphase umbenannt werden in diesen Tabellen um die Lesbarkeit zu erhöhen Im Report überarbeitet	Die Annahme zum Strommix DACH+NL (siehe Antwort zu Frage 2) bezieht sich auf Druckprozesse und Distribution / Rezeption von Online Werbung. Papierherstellung entsprechend der Angaben in Paperprofiles. Text wird in der Endfassung wie vorgeschlagen überarbeitet.
4.2	47	Warum wurde auf Seiten der IT Systeme ein Aufschlag (20%) für Herstellung der IT-Geräte angenommen, nicht jedoch ein Aufschlag für die Hestellung der Maschinen in der Druckerei? → Text überarbeitet	Die betrachteten IT-Systeme sind direkt, d. h. als funktionaler Bestandteil, an der Generierung der Online-Impressionen beteiligt, während Druckereimaschinen dies nur mittelbar sind, indem sie die gedruckten Werbeträger herstellen. Das Äquivalent dazu wäre eine Chipfabrik. Zu beiden Kategorien von Produktionsmitteln standen keine aktuellen und verlässlichen Daten zur Verfügung.
4.5	50	Fehlende Angabe der Bezugsgröße für PCF / Energieverbrauch für Papierherstellung in Tabelle 4-10 (ist dies auch pro FU?) erledigt	Bezugsgröße laut Paper profiles ist PCF / Energieverbrauch pro Tonne Papier -> Wird in der Endfassung ergänzt.
4.6	51	Anmerkungen zu Tabelle 4-11: Baseline Szenario sollte wie bei anderen Tabellen in diesem Kapitel explizit markiert sein; der angegebene Wert für das break even szenario für Reichweite=2,72 erscheint mit 67 zu hoch. Sollte wohl 37.5 sein in etwa? Zudem fehlt die Einheit in der ersten Zeile; Weiterhin könnte klar gestellt werden, dass sich Break even auf Reichweite =1 Szenario bezieht Zahlendreher korrigiert, Hinweis auf Baseline eingefügt	Prüfung & ggf. Korrektur des Berechnungsmodells erforderlich. Tabelle und Erläuterung werden in der Endfassung wie vorgeschlagen überarbeitet.
5.3	58	Der zugrundegelegte Strommix (insbesondere bei IT Infrastruktur) spielt eine gewichtige Rolle in den Resultaten der Studie. Demnach könnte hier zumindest diskutiert werden, dass dieser Vergleich nicht auf andere Länder (z.B. Frankreich mit sehr CO2-armen Energiemix) übertragbar ist und geographisch begrenzt ist. Erläuterung eingefügt	Diskussionspunkt wird nach Absprache mit dem AG in Endfassung wie vorgeschlagen aufgegriffen.

Kapitel	Seitenzahl bezogen auf 1. Entwurfssfassung vom 29.09.2025	Frage/Kommentar/Anmerkung des Prüfers	Antwort/Stellungnahme/Korrektur der Autoren
5.3	58f	Die Begriffe „Umweltvorteil“ und „ökologischer Vorteil“ sollten angepasst werden, da ausschliesslich Klimawirkung betrachtet wird und keine anderen Umweltindikatoren. Text überarbeitet	Begriffe werden in der Endfassung wie vorgeschlagen überarbeitet.