



NATURKAPITAL IM HOTEL- UND GASTGEWERBE

Dokumentation der Datensätze

Autor: Martin Haustermann, Global Nature Fund (GNF), Kaiser-Friedrich-Str. 11, 53113 Bonn, E-Mail: haustermann@globalnature.org



Das vorliegende Dokument und die dazugehörigen Datensätze wurden im Rahmen des Projektes „Naturkapital im Hotel- und Gastgewerbe“ durch das Umweltbundesamt und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit gefördert. Die Verantwortung dieses Dokumentes liegt bei den Autorinnen.



INHALT

I.	Warum.....	8
I.1	Einleitung	8
I.2	Hintergrund	8
I.2.1	Naturkapitalbewertungen.....	8
II.	Was / Bewertungsumfang	10
II.1	Ziel.....	10
II.1.1	Zielstellung	10
II.1.1.1	Teilziel 1	11
II.1.1.2	Teilziel 2	11
II.1.1.3	Teilziel 3	11
II.1.1.4	Teilziel 4	11
II.1.1.5	Teilziel 5	11
II.1.1.6	Teilziel 6	11
II.1.1.7	Teilziel 7	11
II.1.2	Zielgruppen	12
II.1.2.1	Hotel- und Gastgewerbe	12
II.2	Untersuchungsrahmen	14
II.2.1	Organisatorischer Fokus	14
II.2.2	Wertschöpfungskette	14
II.2.3	Art der Bewertung.....	14
II.2.4	Baseline	14
II.3	Auswahl der Umweltaspekte und Wirkungstreiber	15
II.3.1	Befragung der Unternehmen	17
II.3.2	Befragung von Umweltexperten	20
II.3.3	Aufwand.....	21
III.	Wirkungen/ Veränderung von Naturkapital	24
III.1	Wirkungstreiber	25
III.1.1	Treibhausgase	25
III.1.2	Luftschadstoffe in Deutschland	26
III.1.3	Länderspezifische Luftschadstoffe	26
III.2	Wasserkonsum	27
III.3	Abwasser	29
III.4	Ökosystemleistungen	29
III.5	Direkte Umweltaspekte	32

III.5.1	Wasserverbrauch	32
III.5.2	Abfall.....	33
III.5.3	Stromerzeugung.....	35
III.5.4	Wärmeerzeugung	37
III.5.5	Beleuchtung (Strom).....	37
III.5.5.1	Beleuchtung, konventionell	38
III.5.5.2	Beleuchtung, LED-Lampen.....	38
III.5.6	Kühlung (Strom)	40
III.5.6.1	Kühlung, konventionelle Geräte	41
III.5.6.2	Kühlung, energieeffiziente Geräte	42
III.5.7	Klimaanlage (Strom)	43
III.5.8	Geschirr spülen (Strom & Wasser)	44
III.5.9	Wäsche waschen (Strom und Wasser)	47
III.5.10	Wäsche trocknen und bügeln (Strom)	49
III.5.11	Reinigen (Strom + Wasser)	51
III.5.12	Körperhygiene [Duschen, Waschbecken, Toilette...]	53
III.5.13	Belüftung (Strom)	54
III.5.14	Heizen (Wärme)	55
III.5.15	Warmwasser (Strom + Wärme).....	56
III.5.16	Zubereitung von Speisen und Getränken (Energie & Wasser)	58
III.5.16.1	Konventionell.....	59
III.5.16.2	Mit Energiesparoptionen	61
IV.	Indirekte Umweltaspekte	65
IV.1	Bezug von Lebensmitteln für die Gastronomie	65
IV.2	Produktion von Lebensmitteln	65
IV.2.1.1	Obst und Gemüse	66
IV.2.1.2	Sonstige Pflanzliche Erzeugnisse	73
IV.2.1.3	Fleisch.....	77
IV.2.1.4	Eier	80
IV.2.1.5	Milchprodukte	82
IV.2.1.6	Fisch	83
IV.2.2	Transport von Lebensmitteln.....	85
IV.2.2.1	Transport in Deutschland.....	85
IV.2.2.2	Transport, Herkunftsland	87
IV.2.2.3	Transport, international	88
IV.2.2.4	Transport-Kühlung	90

V.	Was dann.....	90
V.1	Anwendbarkeit: Umweltkostenrechner	92
V.2	Überprüfen der Daten: Prinzipien.....	97
V.2.1	Transparenz.....	99
V.2.2	Exaktheit	100
V.2.3	Konsistenz	101
V.2.4	Relevanz.....	103
VI.	Literaturverzeichnis	105

TABELLEN

Tabelle II-1: Befragung von Unternehmen.....	17
Tabelle II-2: Befragung von Umweltexperten.....	20
Tabelle II-3: Selbsteinschätzung Aufwand	22
Tabelle III-1: Inflationsbereinigung der Werte.....	25
Tabelle III-2: Umweltkosten für den Klimawandel (2016, 2020, 2030, 2050).....	25
Tabelle III-3: Umweltkosten aufgrund von Luftschadstoffen 2020 (DE).....	26
Tabelle III-4: Länderspezifische Luftschadstoffe für Deutschland und Dänemark	26
Tabelle III-5: Normierung der deutschen Emissionswerte.....	27
Tabelle III-6: Eurosätze 2020 für die Emissionswerte. Mittelwert für nicht angegebene Substanzen.....	27
Tabelle III-7: Durchschnittliche globale Werte jährlicher Ökosystemleistungen für verschiedene Ökosysteme	31
Tabelle III-8: Umweltkosten aufgrund von Biodiversitätsverlust und dem Verlust an Ökosystemdienstleistungen nach Nutzungsformen.....	31
Tabelle III-9: Dichten verschiedener Abfallkategorien, Quelle: https://www.statistik.bayern.de/service/erhebungen/bauen_wohnen/abfall/abfallarten/index.php	33
Tabelle III-10: Abfallzusammensetzung in der Gastronomie, Quelle: https://www.bsr.de/abfallrechner-23203.php	34
Tabelle III-11: Lebensmittelabfälle in der Gastronomie, * Quelle: BMEL 2012, ** Quelle: DEHOGA (https://www.dehoga-bundesverband.de/zahlen-fakten/anzahl-der-unternehmen/)	34
Tabelle III-12: Abfall pro Jahr und Betrieb (in Tonnen), Quelle: Berechnung.....	34
Tabelle III-13: Umweltkosten pro Jahr pro Betrieb ohne Recycling, Quelle: Berechnung	35
Tabelle III-14: Umweltkosten pro Jahr pro Betrieb unter Berücksichtigung der Recycling Quoten.....	35
Tabelle III-15: Anteile der verschiedenen Energieträger im konventionellen Strommix.	36
Tabelle III-16: Umweltkosten der Stromerzeugung in Deutschland.....	36
Tabelle III-17: Umweltkosten für 1 kWh Strom.	37

Tabelle III-18: Umweltkosten der Wärmeerzeugung in Deutschland.....	37
Tabelle III-19: Umweltkosten für 1 kWh Wärme.	37
Tabelle III-20: Stromverbrauch.....	38
Tabelle III-21: Bestand an Lampenarten im Beherbergungsbereich in Prozent.....	39
Tabelle III-22: Bestand an Lampenarten im Gastronomiebereich.....	39
Tabelle III-23: Stromverbrauch bei 1000 h/ Jahr nach Lampenart.....	39
Tabelle III-24: Einsparpotenzial durch Änderung des Lampentyps.	40
Die Ergebnisse zum Einsparpotenzial wendeten wir auf den konventionellen Stromverbrauch für die Beleuchtung in Hotels und Gaststätten an und ermittelten so den Wert für den Stromverbrauch bei LED-Beleuchtung (Tabelle III-25).Tabelle III-25:	
Stromverbrauch für Beleuchtung.	40
Tabelle III-26: Stromverbrauch [in kWh] für Kühl-/Gefriereinrichtungen.	42
Tabelle III-27: Stromverbrauch [in kWh] für energieeffiziente Kühl- /Gefriereinrichtungen.....	43
Tabelle III-28: Stromverbrauch [in kWh] für die Klimaanlage.	44
Tabelle III-29: Energieverbrauch gewerblicher Spülmaschinentypen.	45
Tabelle III-III-30: Wasserverbrauch gewerblicher Spülmaschinentypen´.....	45
Tabelle III-31: Bestand an Spülmaschinen in Beherbergungs- und Gastronomiebetrieben.	46
Tabelle III-32: Umweltwirkungen Geschirrspülen.....	47
Tabelle III-33: Energieverbrauch von alten und neuen Waschmaschinen.....	47
Tabelle III-34: Wasserverbrauch von alten und neuen Waschmaschinen.....	48
Tabelle III-35: Umweltwirkungen Wäschewaschen.	49
Tabelle III-36: Energieverbrauch von gewerblichen Trocknern.	50
Tabelle III-37: Umweltwirkungen des Stromverbrauchs durch Wäsche trocknen (Altgerät und Neugerät).	50
Tabelle III-38: Energieverbrauch beim Bügeln.	51
Tabelle III-39: Umweltwirkungen des Stromverbrauchs durch Wäschebügeln in kWh.	51
Tabelle III-40: Umweltwirkungen der Reinigung im Hotel- und Gastgewerbe.....	53
Tabelle III-41: Umweltwirkungen der Körperhygiene.....	54
Tabelle III-42: Umweltwirkungen der Belüftung im Hotel- und Gastgewerbe.....	55
Tabelle III-43: Energieverbrauch für Raumwärme (Heizung)für durchschnittliche Beherbergungs- und Gastronomiebetriebe.	56
Tabelle III-44: Anteil der Heizsysteme am gesamten Brenn-/Kraftstoffverbrauch des Gastgewerbes.....	56
Tabelle III-45: Umweltwirkungen der Warmwasserbereitung im Hotel- und Gastgewerbe.	57
Tabelle III-46: Anteil der Heizsysteme am gesamten Brenn-/Kraftstoffverbrauch des Gastgewerbes.....	57
Tabelle III-47: Anzahl der umsatzsteuerpflichtigen Unternehmen des Gastgewerbes.	58
Tabelle III-48: Angaben der Portionsgröße je Zutat für einen Brunch.	60
Tabelle III-49: Umweltwirkungen der Zubereitung von Speisen/Getränken im Hotel- und Gastgewerbe.	62
Tabelle IV-1: Umweltwirkungen des konventionellen Obstanbaus.....	66
Tabelle IV-2: Umweltwirkungen des konventionellen Gemüseanbaus.....	68
Tabelle IV-3: Treibhausgasemissions-Einsparungspotenzial bei ökologischem Obstanbau.....	69
Tabelle IV-4: Treibhausgasemissions-Einsparungspotenzial bei ökologischem Gemüseanbau.....	70

Tabelle IV-5: Wassereinsparung bei ökologischem Anbau.....	70
Tabelle IV-6: Umrechnung der Werte von Umweltwirkungen des konventionellem Anbaus zum ökologischen Anbau.	71
Tabelle IV-7: Umweltwirkungen des ökologischen Obstanbaus.	71
Tabelle IV-8: Umweltwirkungen des ökologischen Gemüseanbaus.	72
Tabelle IV-9: Umweltwirkungen des konventionellen Anbaus sonstiger pflanzlicher Erzeugnisse.....	74
Tabelle IV-10: Verhältnis von Treibhausgasemissionen bei ökologischem Anbau pflanzlicher Erzeugnisse. Im Vergleich zum konventionellen Anbau in Spanien.	75
Tabelle IV-11: Umrechnung der Werte von Umweltwirkungen des konventionellem Anbaus zum ökologischen Anbau.	76
Tabelle IV-12: Umweltwirkungen des ökologischen Anbaus sonstiger pflanzlicher Erzeugnisse.....	76
Tabelle IV-13: Stickstoffausscheidung und Emissionen von NH ₃ -N.	78
Tabelle IV-14: Durchschnittliches Gewicht am Ende der Lebenszeit und durchschnittliche Lebensdauer verschiedener Vieharten.	78
Tabelle IV-15: Umweltwirkungen der konventionellen Fleischproduktion.....	78
Tabelle IV-16: Relative Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Produktion von Fleisch per Produktionseinheit.	79
Tabelle IV-17: Blauer Wasserfußabdruck [l/kg] (globaler Durchschnitt) von Geflügel-, Schweine- und Rindfleisch, nach Produktionssystemen.....	79
Tabelle IV-18: Umweltwirkungen der ökologischen Fleischproduktion.	80
Tabelle IV-19: Umweltwirkungen der konventionellen Eierproduktion.	81
Tabelle IV-20: Relative Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Produktion von Hühnereiern per Produktionseinheit.....	81
Tabelle IV-21: Umweltwirkungen der ökologischen Eierproduktion.....	81
Tabelle IV-22: Umweltwirkungen der konventionellen Produktion von Milchprodukten.	82
Tabelle IV-23: Umweltwirkungen der ökologischen Produktion von Milchprodukten..	83
Tabelle IV-24: Umweltwirkungen der Produktion von Fisch und Meeresfrüchten.....	84
Tabelle IV-25: Durchschnittliche Transportmittel in Deutschland.	85
Tabelle IV-26: Durchschnittliche Transportdistanzen in km.....	86
Tabelle IV-27: Vergleich verschiedener Transportmittel.	86
Tabelle IV-28: Ausstoß verschiedener Substanzen.	87
Tabelle IV-29: Angenommene Anteile der Transportmittel für den internationalen Transport aus einem Herkunftsland nach Deutschland - Obst und Gemüse.....	88
Tabelle IV-30: Emissionen für ein Überseeschiff (Container-mittel-2020).	89
Tabelle IV-31: Erhöhter Verbrauch an LKW-Brenn-/Treibstoff bei gekühlter und gefrorener Transportware.	90
Tabelle V-1: Kriterien für die Einhaltung der Prinzipien	97

ABBILDUNGEN

Abbildung I-1: Unternehmen und Naturkapital.	9
Abbildung I-2: Zeitaufwand für die Phasen einer Naturkapitalbewertung.	10
Abbildung II-1: Zusammensetzung des Hotel- und Gastgewerbes.	13
Abbildung II-2: Materialitätsanalyse	16
Abbildung II-3: Befragung der Unternehmen.	17
Abbildung II-4: Befragung von Unternehmen.....	18
Abbildung II-5: Fragebogen Unternehmen/ Umweltexperten.....	19
Abbildung II-6. Befragung von Umweltexperten.....	21
Abbildung III-1: Berechnung der Kosten von Wasserentnahme basierend auf DALY (angelehnt an Pfister et al., 2013)	28
Abbildung III-2: Flächennutzung in Deutschland. (Eigene Darstellung nach Faragò, Benini, Sala, Secchi, & Laurent (2019)).....	30
Abbildung IV-1: Entstehende Umweltkosten beim Bezug von Lebensmitteln.	65
Abbildung IV-2: Emissionen von Überseeschifffahrt an die Küste.	89
Abbildung V-1: Eingabe der Daten im Restaurant-Tool.....	93
Abbildung V-2: Eingabe der Daten im Hotel-Tool.....	94
Abbildung V-3: Eingabe der Daten und Präsentation der Ergebnisse im Lebensmittel- Tool.....	95
Abbildung V-4: Darstellung der Ergebnisse im Hotel-Tool	96
Abbildung V-5: Prinzipien Naturkapital (Quelle: eigene Darstellung)	98
Abbildung V-6: Transparenz	100
Abbildung V-7: Exaktheit.....	101
Abbildung V-8: Konsistenz.....	103
Abbildung V-9: Relevanz	104

IMPRESSUM

Die Datensätze und die Dokumentation dürfen frei verwendet werden. Es gilt die Creative Commons Lizenz CC BY-SA 4.0. Um auch anderen Unternehmen und Organisationen eine möglichst hohe Datenverfügbarkeit zu ermöglichen, sollten die daraus resultierenden Ergebnisse ebenso frei verfügbar gemacht werden. Außerdem wird empfohlen die in den jeweiligen Datensätzen erwähnten Verwendungsmöglichkeiten zu beachten (z. B. bei der externen Kommunikation).



I. WARUM

I.1 Einleitung

Das vorliegende Dokument beschreibt die Methodik, mit der Datensätze im Rahmen des Projektes „Naturkapital im Hotel- und Gastgewerbe“ erstellt wurden. Die Datensätze können auf der Webseite <https://www.business-biodiversity.eu/de/naturkapital> als Excel-Datei abgerufen werden. Dort befinden sich auch Excel-Tools, mit denen sich Naturkapitalbewertungen zum Einstieg in das Thema durchführen lassen. Die Excel-Tools verwenden die in diesem Dokument erwähnten Datensätze und werden ausführlich in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** vorgestellt.

Die Dokumentation der Datensätze (Kapitel II) orientiert sich an den in der DIN EN ISO 14008, Absatz 9 beschriebenen Dokumentationsanforderungen von monetären Bewertungen, an dem in der Methodenkonvention 3.0, Kapitel 4 beschriebenen Vorgehen und insbesondere an dem im **Naturkapitalprotokoll (NCP)** beschriebenen Vorgehen. Im Naturkapitalprotokoll sind neun Schritte in vier Phasen vorgesehen. Die vier Unterkapitel sind an diese vier Phasen angelehnt. Das erste Kapitel beschreibt den Kontext des Projektes und für das Verständnis notwendige Begriffe, Konzepte und Dokumente. Das zweite Kapitel beschreibt die Zielsetzung und Einschränkungen, denen die Datensätze zugrunde liegen. Im dritten Kapitel wird die Methodik für die Datengenerierung erläutert, das vierte Kapitel enthält die Ergebnisse, befasst sich mit Fehleranalyse und Sicherstellung der Qualität und Verwendbarkeit der Datensätze.

Zuletzt wird die in diesem Dokument verwendete Literatur aufgelistet. Die Literaturangaben wurden nach ISO 690 angegeben.

I.2 Hintergrund

I.2.1 Naturkapitalbewertungen

Naturkapitalbewertungen gewinnen weltweit zunehmend an Bedeutung. So werden Naturkapitalbewertungen von Unternehmen eingesetzt, um Risiken und Einflussgrößen in der Wertschöpfungskette zu verstehen (z.B. Hugo Boss, Kering), Potenziale für Investments zu identifizieren (z.B. South West Water), politische Entscheidungsträger auf umweltfreundliche Technologien hinzuweisen (z.B. TractoTechnik) oder um Kunden auf das umweltfreundliche oder soziale Engagement des Unternehmens hinzuweisen (z.B. TUI, PUMA, Otto Group).

In den letzten Jahren hat sich mit der Natural Capital Coalition ein international tätiges Netzwerk aus Unternehmen, Verbänden und Organisationen formiert. Die meisten in der Natural Capital Coalition aktiven Unternehmen verwenden mit dem Natural Capital Protocol ein einheitliches Rahmenwerk.

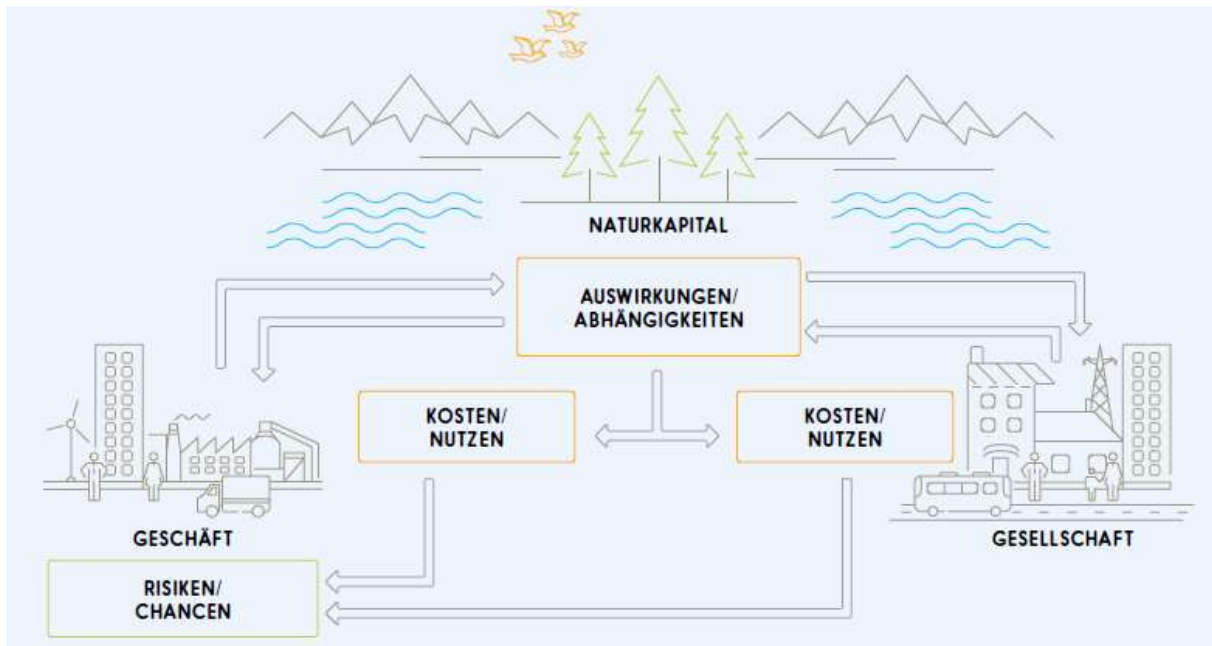


Abbildung I-1: Unternehmen und Naturkapital.

Quelle: Natural Capital Coalition 2016, Natural Capital Protocol, S.15.

Deutsche Unternehmen sind bei dem Thema der Naturkapitalbewertung im internationalen Vergleich noch zurückhaltend. Dafür gibt es einige Gründe, die der Global Nature Fund (GNF) innerhalb des Projektes „Netzwerk Naturkapitalbilanzierung“ aus zahlreichen Gesprächen und Diskussionen mit Unternehmen verschiedenster Größen und Branchen identifizieren konnte.

Wesentliche Herausforderungen bei der praktischen Durchführung von Naturkapitalbewertungen ergeben sich durch folgende Punkte:

1. Für die Unternehmen ist nicht immer ersichtlich, welche Vorteile sich durch die Durchführung von Naturkapitalbewertungen ergeben.
2. Es herrscht Unkenntnis über die große Vielfalt an Anwendungsmöglichkeiten und darüber, wie diese in die eigenen betrieblichen Strukturen eingebunden werden können. Anwendungsmöglichkeiten sind zum Beispiel die Einbindung der Ergebnisse in Umweltmanagementsysteme, in die (Nachhaltigkeits-)Berichterstattung, usw.
3. Der Zugang zu Methoden und (durchschnittlichen Sekundär-) Daten ist für Unternehmen aufwendig und unübersichtlich. Daten werden nicht in einer zentralen Datentabelle gesammelt, sondern müssen mithilfe von Literatur oder aufwendigen Datenerhebungen (z.B. Befragungen) ermittelt werden.
4. Sobald Methoden und Daten ermittelt wurden, müssen diese an den eigenen Kontext angepasst werden (Benefit-Transfer). Unternehmen wissen aber häufig nicht, welche Parameter dabei von Bedeutung sind und inwiefern diese mit anderen Daten kombinierbar sind.
5. Der zeitliche und finanzielle Aufwand für die Durchführung der Naturkapitalbewertung ist für die Unternehmen schwierig abzuschätzen, insbesondere hinsichtlich der Datenrecherche (siehe Abbildung I-2). Unternehmen, die über ein

Umweltmanagementsystem verfügen, wissen nicht, dass die für diesen Zweck ermittelten Zahlen und Daten den Aufwand der Naturkapitalbewertung wesentlich reduzieren können. Außerdem ist ein exploratives Einarbeiten in Methoden und Berechnungen kaum möglich. Somit können Anwender schlecht einschätzen, ob sie sich die Durchführung einer Naturkapitalbewertung zutrauen.

6. Die Naturkapitalbewertung ist ein noch recht junges Thema. Sie wird derzeit international stark diskutiert und von vielen Großunternehmen, aber auch von mittleren Unternehmen wahrgenommen. Allerdings mangelt es an praktischen Umsetzungsbeispielen und Fallstudien.

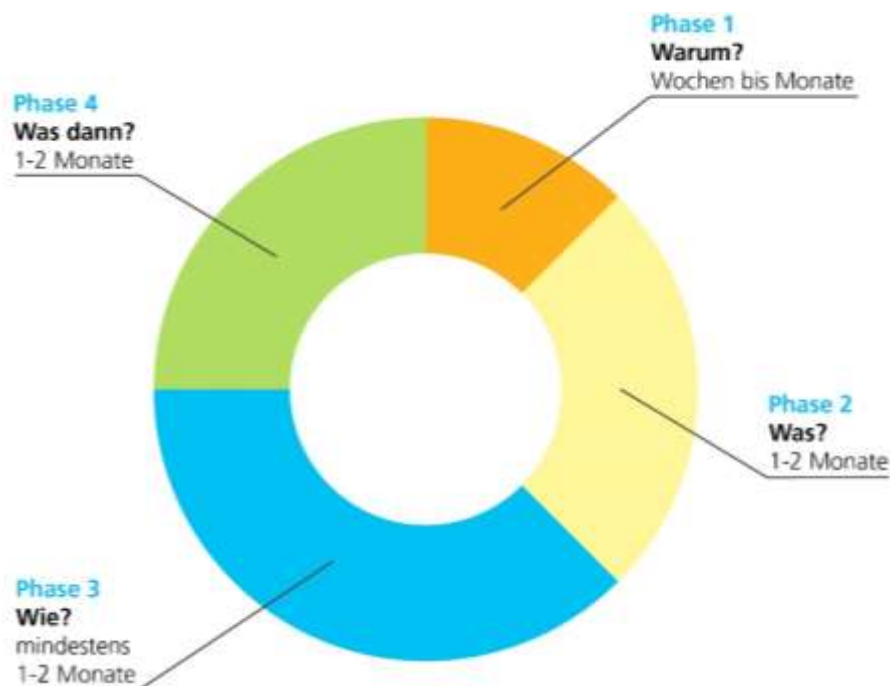


Abbildung I-2: Zeitaufwand für die Phasen einer Naturkapitalbewertung.

II. WAS / BEWERTUNGSUMFANG

II.1 Ziel

II.1.1 Zielstellung

Aus den im letzten Kapitel genannten Herausforderungen ergeben sich verschiedene Ziele, die dazu dienen, das folgende Hauptziel zu unterstützen. Das Hauptziel lautet:

Das Projekt zielt darauf ab, die Anwendung von Naturkapitalbewertungen im Hotel- und Gastgewerbe voranzutreiben.

Es sollen also mehr Naturkapitalbewertungen und Fallstudien erstellt werden (Kapitel I.2.1, Herausforderung 6). Dazu ist das Interesse von Unternehmen in dem Sektor notwendig.

II.1.1.1 Teilziel 1

Die Daten müssen also eine **Sprache** sprechen, die auch von Menschen verstanden wird, die sich nicht hauptberuflich mit Umweltthemen und den speziellen Methoden auseinandersetzen. Auf diesem Wege ermöglichen die Daten auch ein **exploratives Einarbeiten**. Unbekannte Begriffe stellen keine unüberwindbare Hürde mehr da.

II.1.1.2 Teilziel 2

Die Daten sollen mit **kurzem zeitlichen Aufwand** und **ohne jeglichen finanziellen Aufwand** anwendbar sein.

II.1.1.3 Teilziel 3

Die Daten sollen ein anschließendes, tieferes Einarbeiten in die Datensätze ermöglichen. Literatur und Quellen sollen möglichst einsehbar und „**Open Access**“ sein.

II.1.1.4 Teilziel 4

Anknüpfungspunkte an **Umweltmanagementsysteme**, das **Naturkapitalprotokoll**, bestehende Fallstudien und die **Methodenkonvention 3.0** des Umweltbundesamtes (Umweltbundesamt, 2018) sollen klar erkennbar sein.

II.1.1.5 Teilziel 5

Die Daten sollen so **vollständig** sein, dass sie bereits erste Erkenntnisse liefern. Jeder Umweltaspekt soll in mindestens zweifacher Form erscheinen, sodass ein Vergleich mit einer Alternative möglich ist.

II.1.1.6 Teilziel 6

Es sollen **Handlungsempfehlungen** herausgegeben werden, die den Unternehmen sofort einen ersten Einstieg in die Anwendung ermöglichen.

II.1.1.7 Teilziel 7

Die Daten sollen für **deutsche** Unternehmen zum Zeitpunkt der Veröffentlichung (**2020**) anwendbar sein.

II.1.2 Zielgruppen

II.1.2.1 Hotel- und Gastgewerbe

Das Hotel- und Gastgewerbe ist mit ca. 221.309 Betrieben, 2,18 Mio. Beschäftigten und ca. 80,9 Mrd. Jahresumsatz einer der relevantesten Sektoren in Deutschland.

Die meisten Unternehmen (85 % der Umsätze) im Hotel- und Gastgewerbe sind kleine und mittlere Unternehmen (KMU) und sind dadurch besonders von den in Kapitel I.2.1 beschriebenen sechs Herausforderungen betroffen.

Zudem gibt es auf Verbraucherseite einen Bedarf an nachhaltigen Produkten und Dienstleistungen im Hotel- und Gastgewerbe. 15 % der Deutschen achten laut einer GfK-Umfrage bei der Auswahl des Urlaubsziels darauf, dass die Umwelt geschont wird. Laut einer Studie der Forschungsgemeinschaft Urlaub und Reisen (FUR) aus dem Jahr 2014 fehlt es den Konsumenten aber an „gut strukturierten, leicht bearbeitbaren und verlässlichen Informationen“. Auf Anbieterseite sieht die Studie ein wesentliches Defizit darin, dass es nicht möglich ist „Nachhaltigkeit für den Verbraucher transparent und sichtbar“ zu machen. Genau an diesem Defizit setzen Naturkapitalbewertungen an, indem sie komplexe Zusammenhänge zwischen Tourismus und Nachhaltigkeit in leicht verständliche Zahlen übersetzen.

Das Projekt richtet sich vorrangig an Unternehmen im Hotel- und Gastgewerbe. Diese Zielgruppe lässt sich wiederum in drei Unterkategorien einteilen.

1. Unternehmen, die sich bereits mit Naturkapitalbewertungen, Ökobilanzen, Umweltmanagementsystemen (z.B. EMAS) oder sonstigen Methoden beschäftigt haben. Für diese Zielgruppe soll es einfacher werden, aus bestehenden Daten, Naturkapitalbewertungen zu erstellen.
2. Die zweite Kategorie umfasst Unternehmen im Hotel- und Gastgewerbe, die zwar nachhaltig handeln; denen es aber an Werkzeugen und Daten fehlt, um dem Verbraucher das eigene Engagement verständlich zu machen.
3. Zur dritten Kategorie gehören Unternehmen, die sich bisher noch nicht im Umweltschutz engagieren. Dadurch, dass sich andere Unternehmen in dem Sektor mit ihrem Naturkapital beschäftigen, werden die Unternehmen der dritten Gruppe auf das Thema aufmerksam gemacht. Außerdem wird ihnen bewusst, dass Nachhaltigkeit ein Wettbewerbsfaktor sein kann.

Das Hotel- und Gastgewerbe besteht zu etwa 45 Prozent aus der speisegeprägten Gastronomie. Dazu zählen Restaurants, Gaststätten, Imbissstuben, Cafés, Eissalons und weitere. Die zweitgrößte Bedeutung in dem Sektor haben Hotels, Gasthöfe, Pensionen, Ferienwohnungen, Campingplätze und weitere. An dritter Stelle stehen mit etwa 10,4 Prozent Caterer und Erbringer sonstiger Verpflegungsdienstleistungen. Außerdem gibt es mit etwa neun Prozent die getränkegeprägte Gastronomie, also Kneipen, Bars und Clubs.

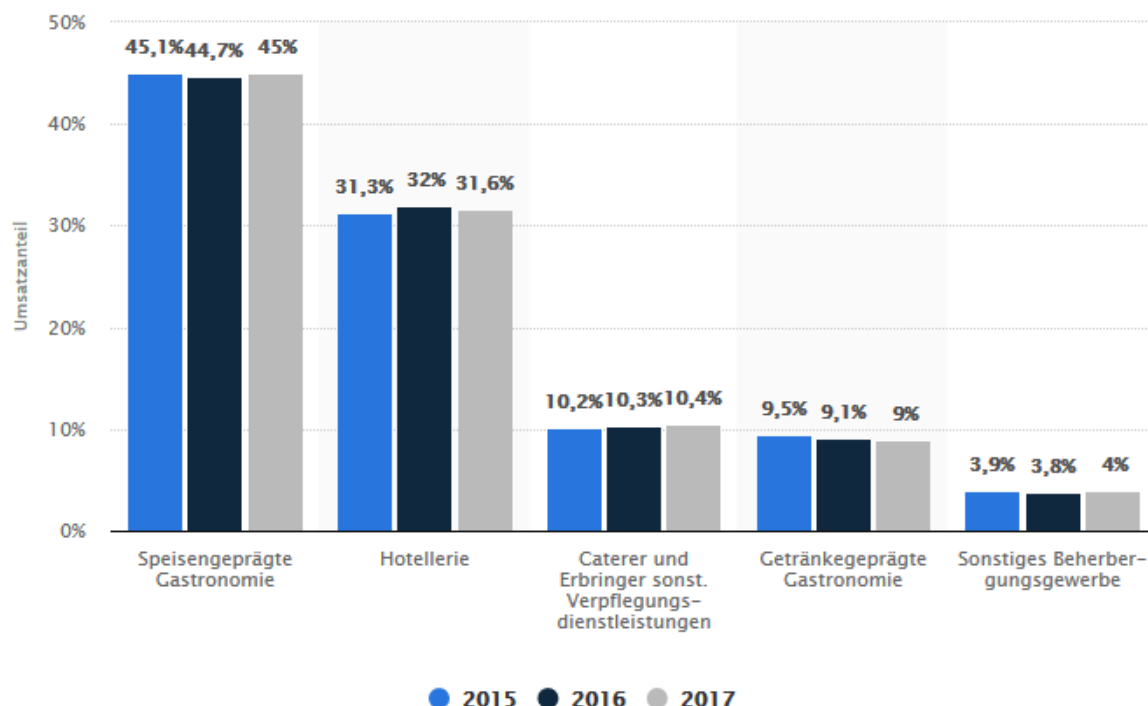


Abbildung II-1: Zusammensetzung des Hotel- und Gastgewerbes.

4. **Verbraucher:** Diejenigen, die die Dienstleistungen und Angebote im Hotel- und Gastronomiegewerbe in Anspruch nehmen, sind eine indirekte Zielgruppe des Projektes. Dadurch, dass Unternehmen einen besseren Zugang zu Naturkapitalbewertungen bekommen, werden verstärkt, gut strukturierte, leicht bearbeitbare und trotzdem verlässliche Informationen über Nachhaltigkeit an Kunden weitergegeben. Diese können anschließend fundierte Kaufentscheidungen treffen. Darüber hinaus wird in dem Projekt ein Leitfaden für Verbraucher erstellt. In dem Leitfaden werden beispielsweise bei der Reiseplanung bzw. bei der Planung des Restaurantbesuches zu beachtende Aspekte anhand von Infografiken und Diagrammen aufgezeigt.
5. **Verbände:** Auch für Verbände des Hotel- und Gastgewerbes bietet das Projekt hilfreiche Informationen. Diese können die Informationen und Zahlen für ihre inhaltliche Arbeit nutzen und damit das Thema Umweltschutz stärker in den Vordergrund stellen. Nachhaltiger Tourismus wird also auch hier gefördert.
6. **Stakeholder im Hotel- und Gastronomiegewerbe:** Die zu erarbeitenden Daten und Zahlen werden vorrangig für das Hotel- und Gastronomiegewerbe und damit für den tertiären Sektor erstellt. Sie können aber auch Anwendung in anderen Sektoren finden. So können z.B. Zulieferer, wie eine nachhaltig produzierende Brauerei oder ein Ökobauernhof, davon profitieren, indem sie Unternehmen im Hotel- und Gastronomiegewerbe von den Vorteilen der eigenen Produkte mithilfe von Naturkapitalbewertungen überzeugen.
7. **Bestehende Projekte und Initiativen:** Bestehende Forschungsprojekte, Initiativen und Organisationen, die sich für nachhaltigen Tourismus einsetzen, bekommen

durch das Projekt neues Material, mit dem die eigenen Aktionen, Aussagen und Ideen gefüttert werden können.

II.2 Untersuchungsrahmen

Die Eingrenzung des Untersuchungsrahmens ist eine notwendige Aufgabe, um die Erfüllung der Ziele mit den zur Verfügung stehenden zeitlichen und finanziellen Ressourcen abzugleichen. Ein wesentlicher Bestandteil dieses Schrittes ist die Eingrenzung der Umweltaspekte und Wirkungstreiber.

II.2.1 Organisatorischer Fokus

Das Naturkapitalprotokoll fordert die Festlegung, ob ein Unternehmen, ein Projekt oder ein Produkt im Fokus stehen. Da es sich bei dem Hotel- und Gastgewerbe um einen Dienstleistungssektor handelt, steht die Dienstleistung im Vordergrund. Gemessen werden kann diese in den Einheiten Gedeck (eine Mahlzeit) und Übernachtung (für einen Gast). Weiterhin soll es mit den Datensätzen möglich sein, ein Unternehmen zu bewerten. Einzelne Datensätze beziehen sich auch auf einen Quadratmeter Nutzfläche.

II.2.2 Wertschöpfungskette

Das Naturkapitalprotokoll fordert die Festlegung auf zu berücksichtigende Bestandteile der Wertschöpfungskette. Diese wurden mithilfe der Materialitätsanalyse (Kapitel II.3) ermittelt.

II.2.3 Art der Bewertung

Die Datensätze werden in monetären Einheiten dargestellt. Die Herleitung dieser Zahlen ergibt sich durch die Dokumentation. Somit können auch andere Einheiten (wie CO₂-eq) ermittelt werden.

II.2.4 Baseline

Teilziel 4 (II.1.1.4) führt zu einem Datenbestand, der einige Grundlagen definiert.

Die Methodenkonvention 3.0 enthält Datensätze für:

- Luftschadstoffe (Feinstaub, Stickoxide, SO₂, NMVOC, NH₃, Straßenverkehr)
- Treibhausgase (CO₂-Äquivalente)
- Straßenverkehr in Deutschland (Treibhausgase, Luftschadstoffe, Flächenzerschneidung)
- Personen und Güterverkehr
- Umweltkosten der Strom- und Wärmeerzeugung

Umweltmanagementsysteme wie EMAS und ISO 14001 arbeiten mit den Umweltkennzahlen Abfallmenge, Energieverbrauch, Wasserverbrauch, Materialbedarf, Emissionen, Flächenverbrauch (Biodiversitätsverlust)

II.3 Auswahl der Umweltaspekte und Wirkungstreiber

Die Festlegung eines Untersuchungsrahmens ist abhängig von der Auswahl der zu berücksichtigenden Umweltaspekte. Um eine möglichst breite Anwendbarkeit (siehe Zielstellung in II.1.1) zu ermöglichen, wird die Zielgruppe (Unternehmen im Hotel- und Gastgewerbe) dazu befragt, welche Umweltaspekte diese als besonders wichtig ansehen. Selbst diese Befragung sollte schon in einer Sprache durchgeführt werden, die von möglichst vielen Menschen verstanden wird. Deswegen wurden im Projekt-Team verschiedene potenzielle Umweltaspekte, Wirkungstreiber und ökologische Probleme diskutiert und so ausformuliert, dass sofort erkennbar ist, was dieser Aspekt beschreiben soll. Daraus entstanden ist eine Liste von 20 Umweltthemen, die potenziell relevant für den Sektor sind. Aus diesen ergeben sich verschiedene Anforderungen an die Berücksichtigung von Wirkungstreibern und Umweltaspekten.

- Regionale Lebensmittel
- Import von Lebensmitteln
- Umweltaspekte von veganen & vegetarischen Mahlzeiten
- Einsparpotenziale für Wasser (z.B. Toilette, Dusche)
- Einsparpotenziale für Energie (z.B. Geräte, Strom, Licht, Wärme)
- Stromanbieter (z.B. Ökostrom)
- Auswirkungen der Mülltrennung
- Vermeidung von Lebensmittelabfällen
- Gifte, Chemikalien & Gesundheit der Arbeiter und Gäste
- Saubere Luft (Wellness, Luftkurorte)
- Mobilität (Zugang zu ÖPNV)
- Umweltschonende Beschaffung von Produkten
- Umweltschonende Bedienung von Geräten (z.B. Eco-Modus der Spülmaschine)
- Wasserverbrauch in der Lieferkette (Water Footprint)
- Lebensmittel aus ökologischer Landwirtschaft, Bio-Lebensmittel
- Gewässerverschmutzung (Flüsse, Seen)
- Meeresverschmutzung
- Lärm
- Intakte Landschaften
- Weitere

Aus den Befragungen bzgl. Aufwand, Wesentlichkeit (aus der Perspektive der Umweltexperten) und Wesentlichkeit (aus der Perspektive der Unternehmen) ergibt sich eine Auswahl von Umweltaspekten und Wirkungstreibern. Die Abbildung II-2: Materialitätsanalyse stellt diese Zusammenhänge dar: auf der X-Achse sind die Einschätzungen der Umweltexperten abgebildet, auf der Y-Achse die Einschätzungen der Unternehmen und die Durchmesser der Kreise stehen für den geschätzten Zeitaufwand. Aus dieser Abbildung lässt sich die Auswahl der in Kapitel V dargestellten Datensätze erklären.

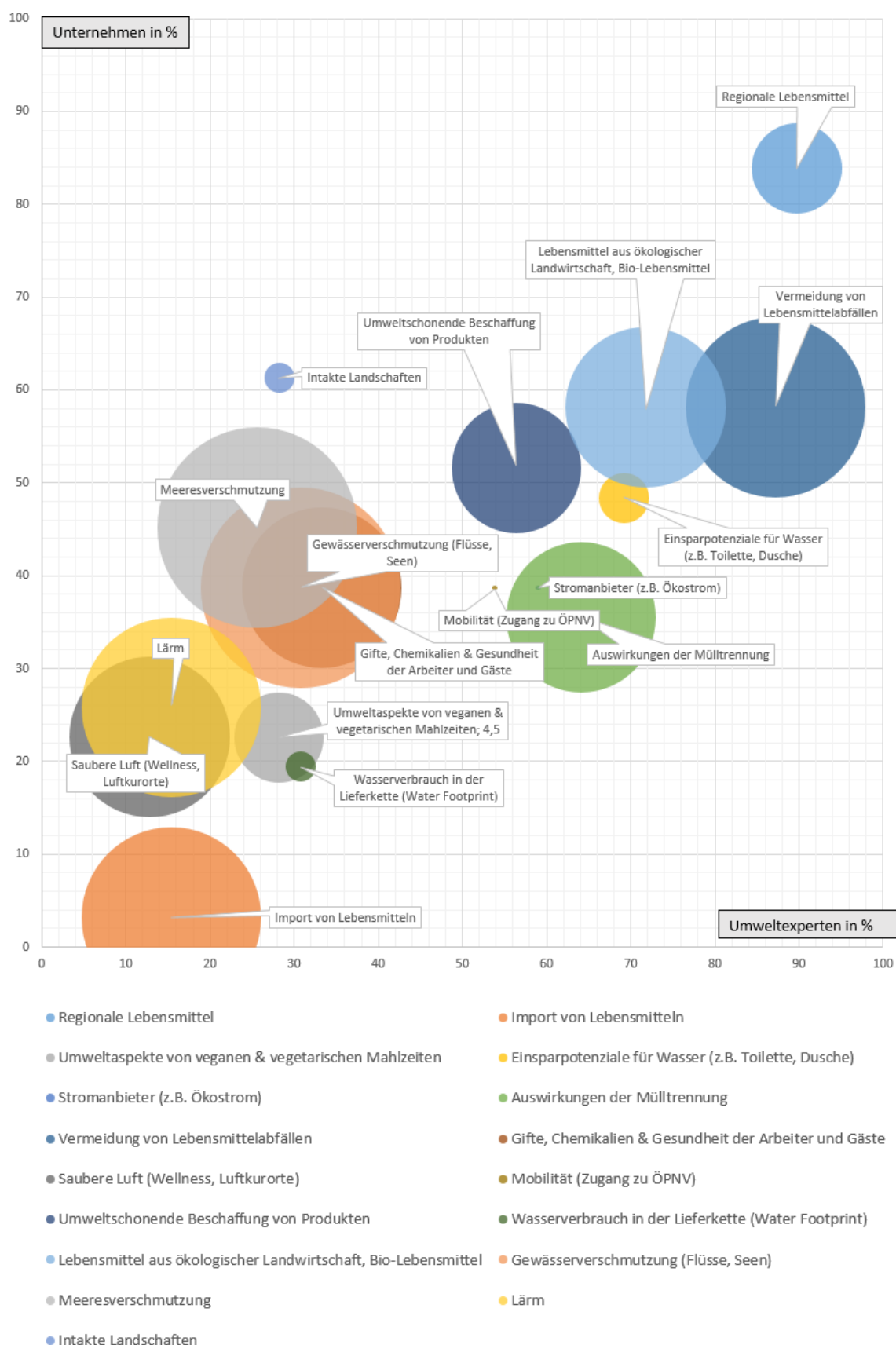


Abbildung II-2: Materialitätsanalyse

II.3.1 Befragung der Unternehmen

Als erster Schritt werden Unternehmen befragt, welche Umweltthemen für sie von besonderem Interesse sind. Für den Fragebogen wird ein Google-Formular erstellt (u. a. verbreitet über den Newsletter des DEHOGA-Verbandes), der als Antwortmöglichkeit nur ein Kreuz (für relevant) oder kein Kreuz (nicht relevant) zulässt (siehe Abbildung II-5).

Die Befragten stammen zu etwa 48,4 % aus Hotels und Beherbergungsbetrieben und zu 25,8 % aus Restaurants (Abbildung II-3). Die Verteilung entspricht demnach nicht vollständig der Zusammensetzung des Sektors. Trotzdem kann bei 31 Rückmeldungen von einer für die Zielstellung ausreichend großen Stichprobe ausgegangen werden.

In welchem Bereich arbeiten sie im Hotel- und Gastgewerbe?

31 Antworten

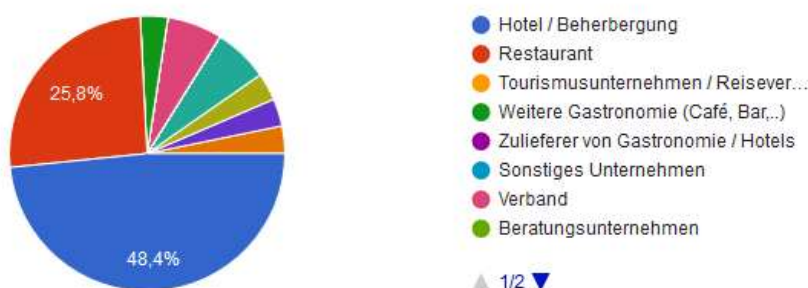


Abbildung II-3: Befragung der Unternehmen.

Tabelle II-1: Befragung von Unternehmen.

Umweltthema	Rückmeldung in Prozent
Regionale Lebensmittel	89,7
Einsparpotenziale für Energie (z.B. Geräte, Strom, Licht, Wärme)	82,1
Intakte Landschaften	28,2
Lebensmittel aus ökologischer Landwirtschaft, Bio-Lebensmittel	71,8
Vermeidung von Lebensmittelabfällen	87,2
Umweltschonende Beschaffung von Produkten	56,4
Einsparpotenziale für Wasser (z.B. Toilette, Dusche)	69,2
Meeresverschmutzung	25,6
Stromanbieter (z.B. Ökostrom)	59
Mobilität (Zugang zu ÖPNV)	53,8
Gifte, Chemikalien & Gesundheit der Arbeiter und Gäste	33,3
Gewässerverschmutzung (Flüsse, Seen)	30,8
Auswirkungen der Mülltrennung	64,1
Umweltschonende Bedienung von Geräten (z.B. Eco-Modus der Spülmaschine)	33,3
Lärm	15,4

Umweltaspekte von veganen & vegetarischen Mahlzeiten	28,2
Saubere Luft (Wellness, Luftkurorte)	12,8
Wasserverbrauch in der Lieferkette (Water Footprint)	30,8

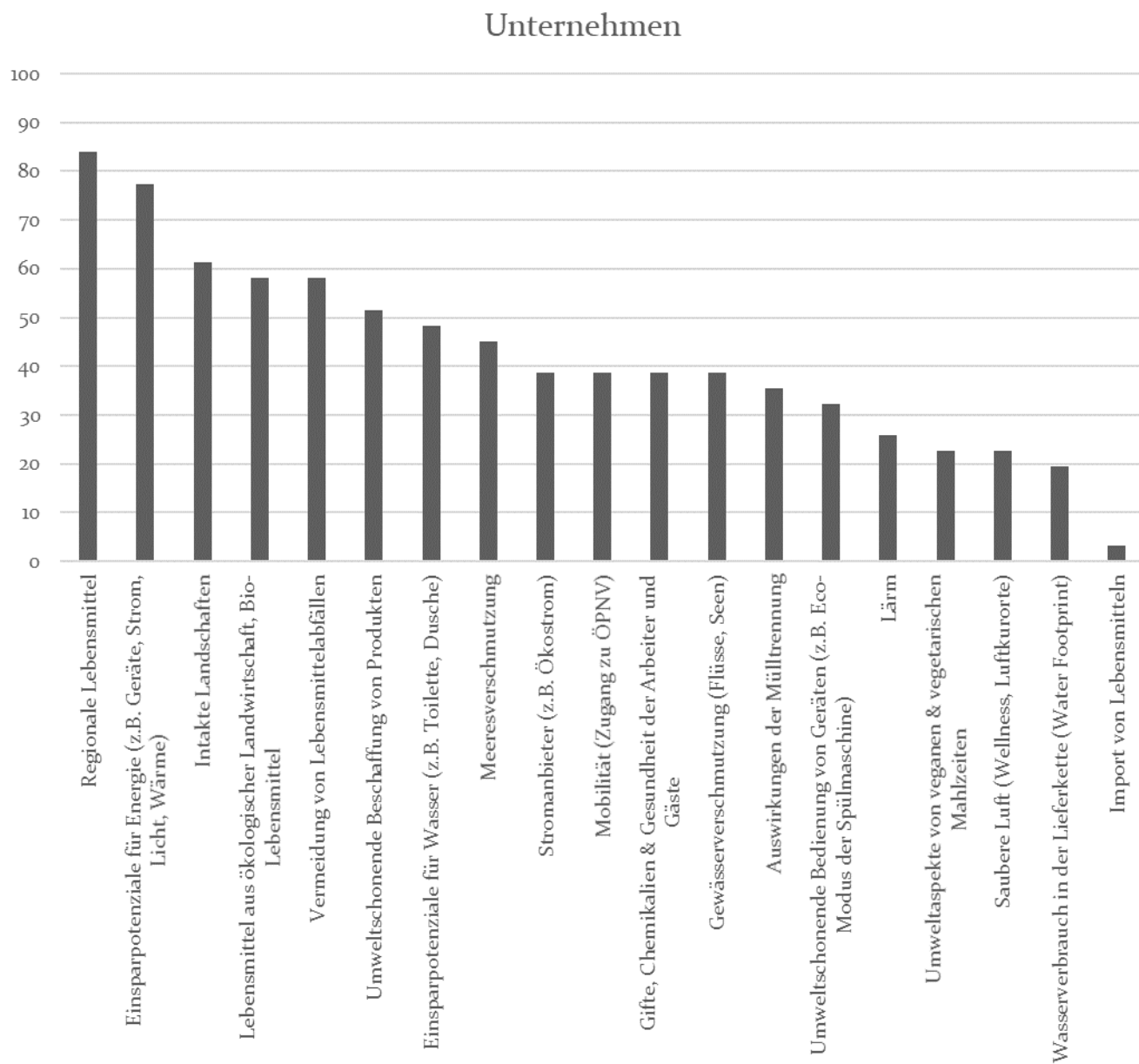


Abbildung II-4: Befragung von Unternehmen.

Naturkapital im Hotel- und Gastgewerbe
SENDE
M

FRAGEN
ANTWORTEN
39

Umweltthemen im Hotel- und Gastgewerbe

Der Global Nature Fund (GNF) führt derzeit ein von Umweltbundesamt (UBA) und Bundesministerium für Umwelt,

In welchem Kontext beschäftigen Sie sich mit Umweltschutz? *

☐ GNF
☐ DUH
☐ Bodenseestiftung
☐ Weitere...

Welche Umweltthemen halten Sie für besonders relevant im Kontext des? *

☐ Regionale Lebensmittel
☐ Import von Lebensmitteln
☐ Umweltaspekte von veganen & vegetarischen Mahlzeiten
☐ Einsparpotenziale für Wasser (z.B. Toilette, Dusche)
☐ Einsparpotenziale für Energie (z.B. Geräte, Strom, Licht, Wärme)
☐ Stromanbieter (z.B. Ökostrom)
☐ Auswirkungen der Mülltrennung
☐ Vermeidung von Lebensmittelabfällen
☐ Gifte, Chemikalien & Gesundheit der Arbeiter und Gäste
☐ Saubere Luft (Wellness, Luftkurorte)
☐ Mobilität (Zugang zu ÖPNV)
☐ Umweltschonende Beschaffung von Produkten
☐ Umweltschonende Bedienung von Geräten (z.B. Eco-Modus der Spülmaschine)
☐ Wasserverbrauch in der Lieferkette (Water Footprint)
☐ Lebensmittel aus ökologischer Landwirtschaft, Bio-Lebensmittel
☐ Gewässerverschmutzung (Flüsse, Seen)
☐ Meeresverschmutzung
☐ Lärm

Abbildung II-5: Fragebogen Unternehmen/ Umweltexperten.

II.3.2 Befragung von Umweltexperten

Als zweiter Schritt werden Umweltexperten dazu befragt, welche Umweltthemen sie als besonders relevant im Hotel- und Gastgewerbe erachten. Für den Fragebogen wird das selbe Google-Formular, das bereits an Unternehmen verschickt wurde, an Mitarbeiter von Deutsche Umwelthilfe, GNF und Bodenseestiftung verschickt (siehe Abbildung II-5).

Tabelle II-2: Befragung von Umweltexperten.

Umweltthemen	Rückmeldung in Prozent
Regionale Lebensmittel	89,7
Vermeidung von Lebensmittelabfällen	87,2
Einsparpotenziale für Energie (z.B. Geräte, Strom, Licht, Wärme)	82,1
Lebensmittel aus ökologischer Landwirtschaft, Bio-Lebensmittel	71,8
Einsparpotenziale für Wasser (z.B. Toilette, Dusche)	69,2
Auswirkungen der Mülltrennung	64,1
Stromanbieter (z.B. Ökostrom)	59
Umweltschonende Beschaffung von Produkten	56,4
Mobilität (Zugang zu ÖPNV)	53,8
Gifte, Chemikalien & Gesundheit der Arbeiter und Gäste	33,3
Umweltschonende Bedienung von Geräten (z.B. Eco-Modus der Spülmaschine)	33,3
Gewässerverschmutzung (Flüsse, Seen)	30,8
Wasserverbrauch in der Lieferkette (Water Footprint)	30,8
Intakte Landschaften	28,2
Umweltaspekte von veganen & vegetarischen Mahlzeiten	28,2
Meeresverschmutzung	25,6
Lärm	15,4
Import von Lebensmitteln	15,4
Saubere Luft (Wellness, Luftkurorte)	12,8

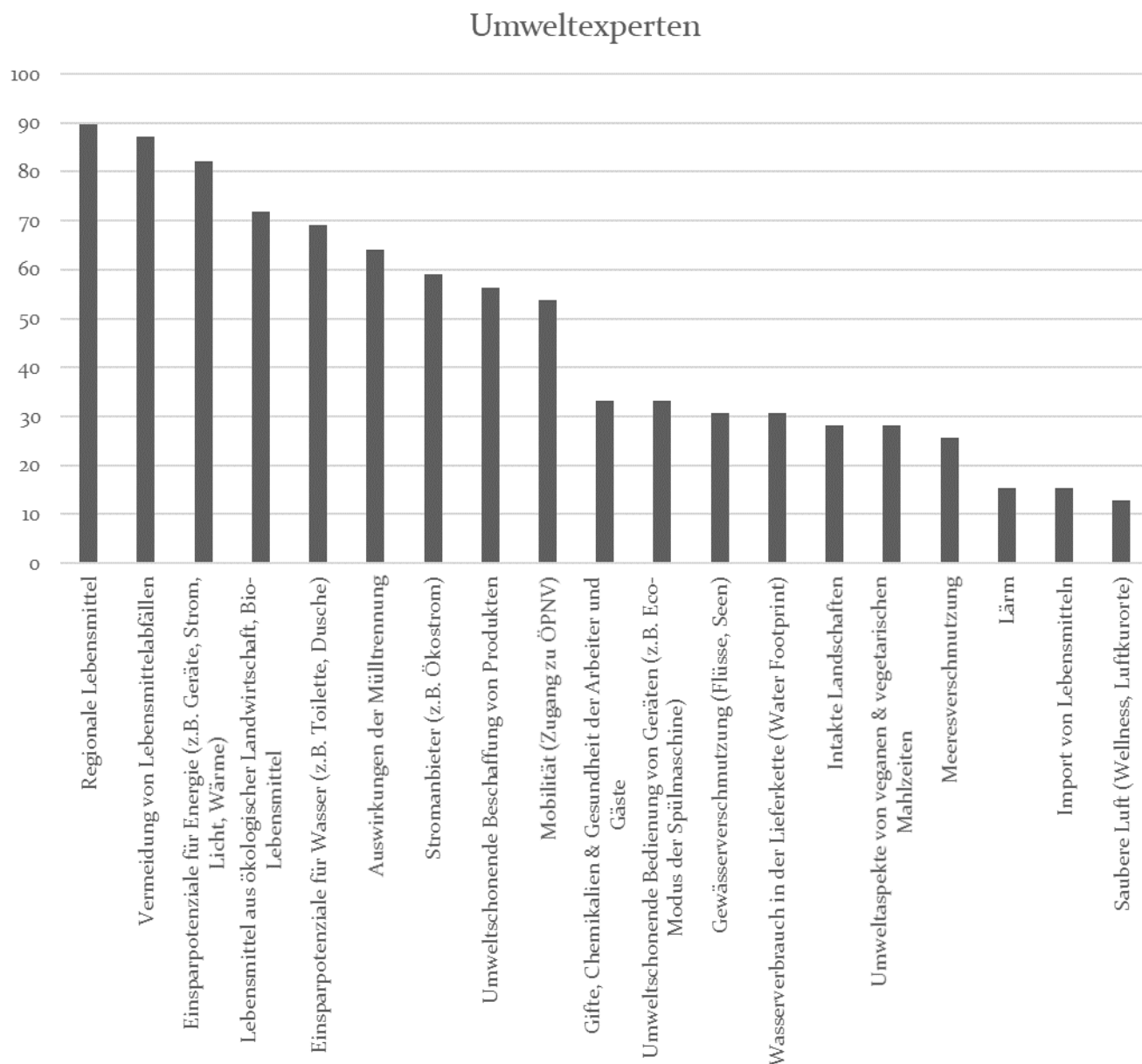


Abbildung II-6. Befragung von Umweltexperten

II.3.3 Aufwand

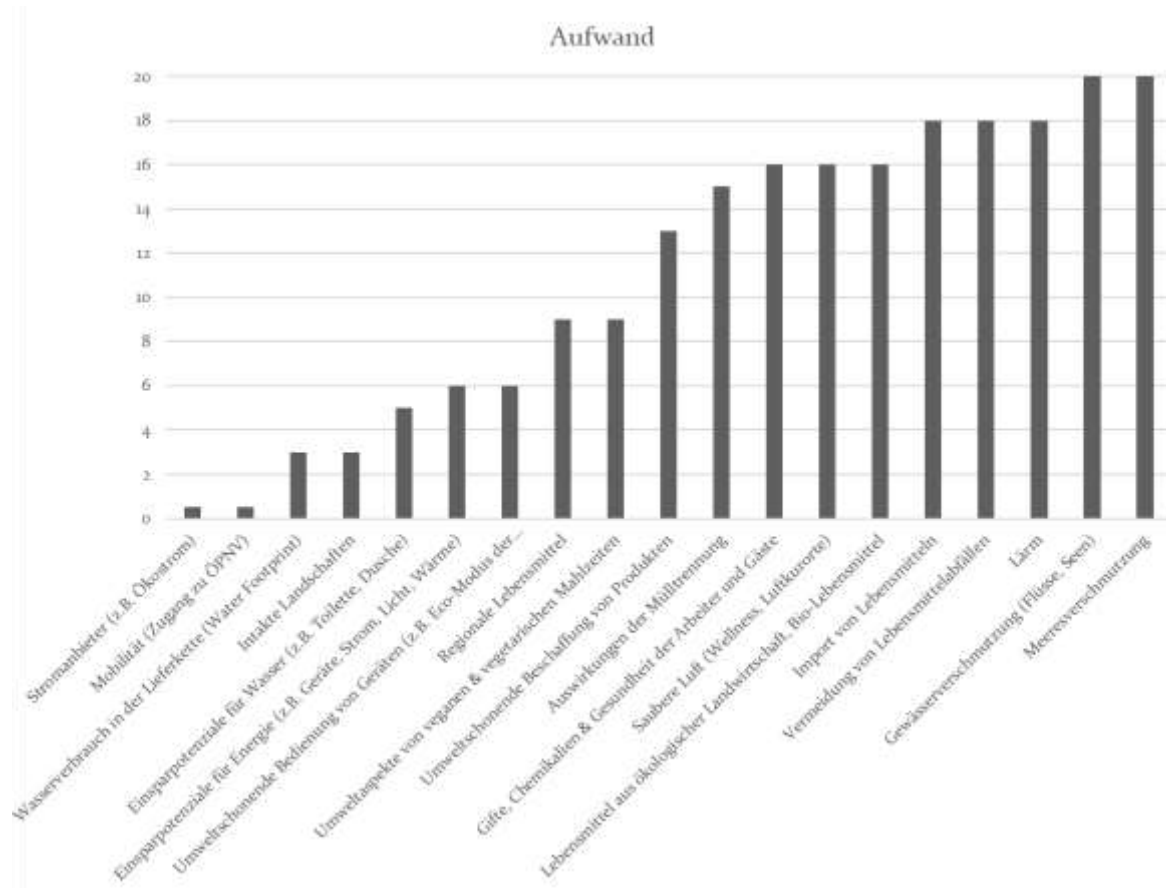
Wie bereits in Abbildung I-2 dargestellt, sind zeitliche Ressourcen immer knapp und müssen angemessen auf die bestehenden Aufgaben verteilt werden. Deswegen ist ein Vergleich bestehender zeitlicher Ressourcen mit anstehenden Aufgaben von großer Bedeutung. Für alle vier Phasen des Naturkapitalprotokolls stehen etwa 11 Personenmonate zur Verfügung, davon werden, aufbauend auf den Erfahrungen des GNF, etwa 40 % für die Datenrecherche benötigt. Bei 220 Arbeitstagen im Jahr ergibt das etwa 80 Personentage, die auf potenzielle Aufgaben verteilt werden können.

Parallel dazu muss der zu bewältigende Aufwand der anstehenden Aufgaben eingeschätzt werden. Ein erstes Screening von bestehender Literatur ergibt ganz unterschiedliche Anforderungen. So sind einige Datensätze in wenigen Stunden ermittelbar. Dazu zählen Daten, die in der Methodenkonvention 3.0 bereits enthalten sind

(Stromerzeugung in Deutschland, Verkehr in Deutschland). Aber auch das umfassende Material von (Mekonnen & Hoekstra, 2011) für den Wasserfußabdruck lässt sich schnell in passende Daten überführen. Schwieriger verhält es sich mit der Berücksichtigung von Lebensmitteln, da diese aus zahlreichen Ländern importiert werden und sich die Umweltwirkungen in jedem Land unterscheiden. Für Lebensmittel aus Deutschland liegen zwar Daten vor, diese stellen aber nur einen kleinen Anteil dar.

Tabelle II-3: Selbsteinschätzung Aufwand

Umweltthema	Aufwand in Personentagen
Stromanbieter (z.B. Ökostrom)	0,25
Mobilität (Zugang zu ÖPNV)	0,25
Wasserverbrauch in der Lieferkette (Water Footprint)	1,5
Intakte Landschaften	1,5
Einsparpotenziale für Wasser (z.B. Toilette, Dusche)	2,5
Einsparpotenziale für Energie (z.B. Geräte, Strom, Licht, Wärme)	3
Umweltschonende Bedienung von Geräten (z.B. Eco-Modus der Spülmaschine)	3
Regionale Lebensmittel	4,5
Umweltaspekte von veganen & vegetarischen Mahlzeiten	4,5
Umweltschonende Beschaffung von Produkten	6,5
Auswirkungen der Mülltrennung	7,5
Gifte, Chemikalien & Gesundheit der Arbeiter und Gäste	8
Saubere Luft (Wellness, Luftkurorte)	8
Lebensmittel aus ökologischer Landwirtschaft, Bio-Lebensmittel	8
Import von Lebensmitteln	9
Vermeidung von Lebensmittelabfällen	9
Lärm	9
Gewässerverschmutzung (Flüsse, Seen)	10
Meeresverschmutzung	10



III. WIRKUNGEN/ VERÄNDERUNG VON NATURKAPITAL

In diesem Kapitel wird erläutert, wie die Faktoren ermittelt werden, mit denen auf der Grundlage von Wirkungstreibern die Umweltkosten berechnet werden.

Diese Faktoren setzen sich aus vier Hauptkategorien zusammen:

- **Umweltkosten durch Treibhausgase** modelliert zukünftig eintretende Schäden, die durch die globale Erwärmung auftreten,
- **Umweltkosten durch Luftschadstoffe** modelliert durch die Emission von Luftschadstoffen entstehende Gesundheitskosten am Entstehungsort (Straßen, Landwirtschaft, usw.),
- **Umweltkosten durch den Verlust von Biodiversität und Ökosystemleistungen** modelliert den durch Flächenkonkurrenz entstehenden Verlust der Artenvielfalt und Ökosystemleistungen und
- **Umweltkosten durch Wasserentnahme und Abwasserreinigung** modelliert die Auswirkungen des Wasserverbrauchs auf Gesundheitskosten in der Umgebung der Wasserentnahme und die bei der Abwasserreinigung entstehenden Emissionen.

Die Werte werden aus unterschiedlichen Literaturangaben zusammengestellt. Die verschiedenen Quellen sind zu unterschiedlichen Zeitpunkten erschienen und beziehen sich teilweise auf unterschiedliche Regionen. Demzufolge müssen angegebene Werte mithilfe des Wertetransfers auf die Zielgrößen angepasst werden. Als Zielgröße wird das Jahr 2020 gewählt:

Umweltkosten werden, wenn möglich, nach in der Praxis üblichen Modellen abgebildet. Wenn möglich, werden Modelle aus der Methodenkonvention 3.0 des Umweltbundesamtes (Umweltbundesamt, 2018) verwendet. Außerdem wird der Wert von einem Euro aus dem Jahr 2019 für das Jahr 2020 mit einem Wert von 1,026 Euro prognostiziert. Die Prognose basiert auf einem Modell der OECD mit einer Inflationsrate von 2,6 % (OECD, 2018).

In diesem Kapitel werden Zahlen verwendet, die in der Literatur in einer anderen Währungseinheit angegeben sind (z. B. USD). Als Kurs für die Umrechnung von USD in Euro wird der Umrechnungskurs 0,91117 Euro/ USD verwendet (Wallstreet, 2019). Handelt es sich um historische Daten wird der Wert zunächst an den heutigen Wert angeglichen. Danach wird er in Euro umgewandelt und im letzten Schritt für 2020 prognostiziert. Für USD 1997 wurden diese zunächst an 2019 angepasst. Dafür wurde der Inflationswert Faktor 1,58 (Statistics, 2019) genutzt. Danach wurde der Wert mit dem aktuellen Wechselkurs 0,91117 (Wallstreet, 2019) in Euro umgerechnet und mithilfe des prognostizierten Inflationswert 1,0260 (OECD, 2018) für 2020 bestimmt. Insgesamt ergibt sich somit ein Faktor von 1,4771 zur Umrechnung von USD1997 in EUR2020.

Die Zahlen in Tabelle III-1 basieren auf dem Online-Inflationsrechner (Finanzen-Rechner, 2018) und dem Online-Rechner der OECD (2018). Für Zahlen, die in Euro 2016 angegeben sind (Umweltbundesamt, 2018), gilt der Inflationsfaktor von 1,0421. Die Umrechnung von 2016-2019 ergibt sich auch mittels des Finanzen-Rechner (2018) der eine Inflation von 4,21% für den Zeitraum angibt, also Faktor 1,0421. Bei OECD (2018) erhält man einen Prognosewert von 2,6%. Aus den beiden Werten multipliziert ergibt sich der Faktor von 1,0692 für 2016-2020.

Tabelle III-1: Inflationsbereinigung der Werte

Ausgangsgröße	Ausgangsjahr	Endjahr	End-Euro-Wert
1 Dollar	1997	2020	1,4771
1 Euro	2010	2020	1,1597
1 Euro	2016	2019	1,0421
1 Euro	2019	2020	1,0260
1 Euro	2016	2020	1,0692

III.1 Wirkungstreiber

III.1.1 Treibhausgase

In diesem Modell wird der Wert aus der Methodenkonvention 3.0 (Umweltbundesamt, 2018), der für das Jahr 2016 gilt, auf das Jahr 2020 umgerechnet. Die Umweltkosten für Treibhausgase verändern sich nicht nur, weil sich die Kosten für einen durchschnittlichen Warenkorb erhöhen, sondern auch, weil sich die Wirkungen des Klimawandels zunehmend verstärken. Die Methodenkonvention gibt für die Jahre 2016, 2030 und 2050 Werte vor, die diese beiden Effekte berücksichtigen. Diese Werte werden übernommen und der Wert für 2020 kann linear interpoliert werden. Es gilt:

$$c = \Delta m (\text{Zukunft}, \text{THG}) = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Die Zahlen für die verschiedenen Jahre sind in Tabelle III-2 dargestellt.

Es ergibt sich ein Wert von $c (2020) = \Delta m (\text{THG}, 2016 \rightarrow 2020) = 1,0396$

Tabelle III-2: Umweltkosten für den Klimawandel (2016, 2020, 2030, 2050)

Jahr	Umweltkosten Treibhausgase in Euro (pro Tonne)
2016	180,00
2020	187,14*
2030	205,00
2050	240,00
Steigung	1,0396

Pro Kilogramm CO₂-Äquivalent ergeben sich Umweltkosten in Höhe von 0,18714 Euro 2020.

Auch in diesem Modell ist der Entstehungsort für die Emissionen ohne Bedeutung, der Wert gilt global.

Mittels der Inflationsbereinigung wird der Wert von 0,18714 Euro nun noch an die prognostizierten Preisänderungen von 2020 angepasst. Dafür wird der Wert mit dem Inflationsfaktor 1,0692 multipliziert und es ergibt sich ein Faktor von 0,2001.

III.1.2 Luftschadstoffe in Deutschland

Das Luftschadstoffe-Modell basiert auf der Methodenkonvention 3.0 und bezieht sich auf das Jahr 2020. Dementsprechend müssen die darin angegebenen Werte inflationsbereinigt werden. Für die Umrechnung von 2016 auf 2019 wird der Verbraucherpreisindex verwendet. Für den Unterschied zwischen 2019 und 2020 wird eine Inflationsrate von 2,6 Prozent angenommen (siehe Tabelle III-1).

Aus diesen Angaben ergeben sich folgende Werte für die durch Luftschadstoffe verursachten Gesundheitsschäden:

Tabelle III-3: Umweltkosten aufgrund von Luftschadstoffen 2020 (DE)

Quelle	Euro 2016 pro Tonne	Euro 2020 pro Tonne	Euro 2020 pro kg
PM _{2,5}	58400,00	62441,28	62,44
PM _{Coarse}	960,00	1026,43	1,03
PM ₁₀	41200,00	44051,04	44,05
NO _x	14400,00	15396,48	15,40
SO ₂	13600,00	14541,12	14,54
NM _{VOC}	1100,00	1176,12	1,18
NH ₃	21700,00	23201,64	23,20

III.1.3 Länderspezifische Luftschadstoffe

Diese Werte werden nun mithilfe der Gewichtungsfaktoren von LC-Impact (van Zelm, Preiss, Van Dingenen, & Huijbregts, 2016) verrechnet.

Allerdings besteht bei der Datengrundlage ein Transparenzproblem. Die in der Methodenkonvention 3.0 ermittelten Datensätze basieren auf Literatur, die nicht öffentlich einsehbar ist (z. B. auf dem Handbuch Emissionsfaktoren Straßenverkehr HBEFA oder ecoinvent 2.0). Demzufolge müssen die Datensätze auf andere Weise angepasst werden.

Beispielhaft sind in Tabelle III-4 die Zahlen aus LC-Impact für Deutschland und Dänemark aufgelistet.

Tabelle III-4: Länderspezifische Luftschadstoffe für Deutschland und Dänemark

Land	PM _{2,5} [DALY/kg]	NH ₃ [DALY/kg]	NO _x [DALY/kg]	SO ₂ [DALY/kg]
Dänemark	3,10E-04	1,11E-04	9,09E-05	7,05E-05
Deutschland	1,33E-03	4,82E-04	1,70E-04	1,66E-04

(van Zelm, Preiss, Van Dingenen, & Huijbregts, 2016)

Als erster Schritt werden die länderspezifischen Daten von LC-Impact analysiert. Diese werden in den Einheiten DALY/kg für die Emissionsfaktoren PM_{2,5}, NH₃, NO_x und SO₂

angegeben. Es fehlen somit einige Werte. Außerdem lässt sich mit den DALY-Werten keine Rechnung aufstellen, da die Formeln, Parameter und Berechnungen, auf denen die Zahlen in der Methodenkonvention basieren nicht einsehbar sind.

Um dieses Problem zu umgehen, werden die länderspezifischen Faktoren normiert. Da für Deutschland Zahlen vorhanden sind (siehe Tabelle III-5), können diese als Grundlage für die Normierung dienen. Die einzelnen Länder werden jetzt also anteilig bzw. als Faktor von Deutschland dargestellt.

Diese Faktoren sind aus verschiedenen Gründen länderspezifisch. Einfluss auf diese Faktoren haben zum Beispiel die Bevölkerungsdichte, die Anzahl der Hintergrundbelastung bzw. der bereits existierenden Emittenten usw. Der Faktor ist also nicht nur länderspezifisch, sondern auch substanzspezifisch.

Tabelle III-5: Normierung der deutschen Emissionswerte.

Land	PM _{2.5} [%]	NH ₃ [%]	NO _x [%]	SO ₂ [%]
Dänemark	23,31%	23,03%	53,47%	42,47%
Deutschland	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

(van Zelm, Preiss, Van Dingenen, & Huijbregts, 2016)

Anschließend wird dieser Faktor mit den Euro-Sätzen aus Tabelle III-6 multipliziert. Für die Emissionen, die in der LC-Impact-Tabelle nicht angegeben werden, wird ein Mittelwert gebildet. Dieser spiegelt somit zumindest länderspezifische Eigenschaften wieder, aber keine substanzspezifischen.

Tabelle III-6: Eurosätze 2020 für die Emissionswerte. Mittelwert für nicht angegebene Substanzen

Land	PM _{2.5} [Eur2020]	NH ₃ [Eur2020]	NO _x [Eur2020]	SO ₂ [Eur2020]	PM _{Coarse}	PM ₁₀	NM VOC
Dänemark	14,55 €	5,34 €	8,23 €	6,18 €	0,37 €	15,67 €	0,42 €
Deutschland	62,44 €	23,20 €	15,40 €	14,54 €	1,03 €	44,05 €	1,18 €

Basierend auf (van Zelm, Preiss, Van Dingenen, & Huijbregts, 2016) und eigenen Berechnungen

III.2 Wasserkonsum

Wasserkonsum wird üblicherweise in Abgrenzung zu der Wasserentnahme und der Wassernutzung definiert. Wasserentnahme bezeichnet die Menge an Trinkwasser, die aus dem Grundwasser oder einer anderen natürlichen Quelle entnommen wird (z. B. Oberflächengewässer). Von diesem entnommenen Wasser wird ein Teil genutzt und unverändert an die Wasserquelle zurückgegeben (z. B. das Kühlen von Kraftwerken), ein anderer Teil wird genutzt und kann danach nicht mehr zurückgegeben werden, weil sich entweder das Wasser an einem anderen Ort befindet (z. B. Trinkwasser, das entnommen wird und in Flaschen abgefüllt wird) oder weil es im Anschluss nicht mehr als Trinkwasser nutzbar ist (z. B. verschmutzt).

Die Publikationen Mekonnen & Hoekstra (2011) sowie Mekonnen & Hoekstra (2012) enthalten am ehesten Angaben über den Wasserkonsum als Blauwasser-Fußabdruck. Damit ist die Summe des gesamten Trinkwasserbedarfs eines Lebensmittels gemeint. Wird mehr Frischwasser konsumiert, als die Natur bereitstellen kann, entsteht

an anderen Stellen des Ökosystems ein Mangel. Zum einen entstehen Mängel in den Grundwasserspeichern und Trinkwasserbrunnen, aber auch in Flüssen und Seen, wenn diese Bestandteile des Wasserkreislaufs sind. Darunter leiden Tiere, Pflanzen und Menschen. Durch den Wassermangel müssen einige Menschen auf verschmutztes Wasser zurückgreifen. Dabei entstehen Krankheiten und es können weniger Lebensmittel angebaut werden, die dann zu einer Mangelernährung führen.

In Ländern mit besonders großer Wasserknappheit ist mit größeren Gesundheitsproblemen zu rechnen, als in Ländern, in denen ausreichend Wasser zur Verfügung steht.

Um diesen Aspekt zu berücksichtigen, wird zunächst auf die umfangreiche Datenlage in Mekonnen & Hoekstra (2011 und 2012) zurückgegriffen. Die Werte fungieren als Indikatoren für den spezifischen Wasserbedarf unterschiedlicher Lebensmittel. Anschließend werden die daraus resultierenden Werte (in m^3/kg) mit den, in der LC-Impact Studie ermittelten (Pfister, Veronesi, & Mutel, 2013) Faktoren für Mangelernährung (in DALY/m^3) multipliziert. Die Werte sind länderspezifisch und stehen für die durch Mangelernährung hervorgerufenen Krankheiten, die auf Wassermangel zurückzuführen sind. Da es nicht für jedes Land der Welt, die passenden Zahlen gibt, werden die Datenlücken mit Werten aus Ländern mit einem vergleichbaren Wasserstress gefüllt. So wird zum Beispiel den Niederlanden der Wert für Deutschland zugewiesen, da kein Wert für die Niederlande existiert.

Allerdings ist die Mangelernährung nur ein kleiner Anteil der aus Wassermangel resultierenden Krankheiten. Der globale Anteil davon liegt bei etwa 13,5 Prozent (Prüss-Ustün, Bos, Gore, & Bartram, 2008). Diese Zahl wird deswegen einbezogen, sodass sich der finale Wert auf verschiedene durch Wassermangel verursachte Krankheiten bezieht.

Das Modell orientiert sich nur an indirekten (Naturkapital-)Kosten. Grundlage der Berechnung ist der DALY (Disability-adjusted life-years). GENIUS 2016 berechnet einen VOLY/YOLL für das Jahr 2010 mit 60.000 Euro. Es wird die Annahme getroffen, dass dieser mit einem DALY gleichgesetzt werden kann. Das entspricht einem Wert von 69.582 Euro für einen DALY im Jahr 2020.



Abbildung III-1: Berechnung der Kosten von Wasserentnahme basierend auf DALY (angelehnt an Pfister et al., 2013)

III.3 Abwasser

Es wird davon ausgegangen, dass für jeden m³ konsumierten Trinkwassers, eine ebenso große Menge Abwasser entsteht. Die Ökobilanzdatenbank ProBas liefert dafür die passenden Werte. Darin sind Werte für die fünf in der Methodenkonvention 3.0 des UBA erfassten Luftschadstoffe und die Treibhausgase für die Reinigung von einem Liter Abwasser angegeben. Diese Durchschnittswerte werden mit den Umweltkosten aus Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** kombiniert und ergeben die in der Tabelle angegebenen Zahlen.

Tabelle III-1: Emissionen und Kosten von Abwasserreinigung in Euro 2020.

Luftschadstoffe	Kosten pro kg	Emission pro Liter Abwasserreinigung	Kosten pro Liter Abwasserreinigung	Emission pro m ³ Abwasserreinigung	Kosten pro m ³ Abwasserreinigung
PM ₁₀	44,05	0,00000947	0,00041715	0,00947	0,4171535
NO _x	15,4	5,14E-07	7,9156E-06	0,000514	0,0079156
SO ₂	14,54	9,09E-07	1,3217E-05	0,000909	0,01321686
NM VOC	1,18	0,00000001	1,18E-08	0,00001	0,0000118
NH ₃	23,2	1,20E-09	2,784E-08	0,0000012	0,00002784
CO ₂	0,20007726	0,000273	5,4621E-05	0,273	0,05462109
Summe			0,00049295		0,49294669

III.4 Ökosystemleistungen

Hotels und Gaststätten benötigen Flächen, auf denen die Betriebe stehen, außerdem werden Produkte (insbesondere Lebensmittel) eingekauft, die für den Anbau Flächen benötigen. Diese Flächen werden für einen definierten Zeitraum (in diesem Dokument ein Jahr) belegt (okkupiert) und können nicht für andere Zwecke genutzt werden. Diese Flächenkonkurrenz hat Einfluss auf Ökosystemleistungen.

Um diesen Effekt zu berücksichtigen, wird der Verlust von Ökosystemleistungen mithilfe von Modellen abgebildet. Allerdings gibt es bis heute kein anwendbares wissenschaftliches Modell, das Zusammenhänge zwischen Flächennutzung und dem Verlust von Ökosystemleistungen auf globaler Ebene darstellen kann. Es werden deshalb Vereinfachungen und Annahmen eingesetzt.

Entscheidend ist bei der Okkupation welche sonstige Nutzung infrage kommen könnte, also welche Nutzung auf dieser Fläche:

1. Stattgefunden hat, bevor es für diese Nutzungsform beansprucht wurde oder
2. Stattfinden wird, sobald die Fläche der Natur überlassen wird oder
3. Im Durchschnitt stattfinden würde, wenn die Fläche nicht auf diese Art und Weise genutzt würde.

Daneben gibt es noch einige weitere Möglichkeiten für die Wahl eines Referenzszenarios (Baseline). Für dieses Modell wird die dritte Variante gewählt, also welche durchschnittliche Nutzungsform in der Umgebung stattfindet. Für Deutschland gilt nach Faragò et al. (2019) folgende Zusammensetzung der Flächen (siehe Abbildung III-2).

Flächenverteilung Deutschland nach Faragò et al. 2019

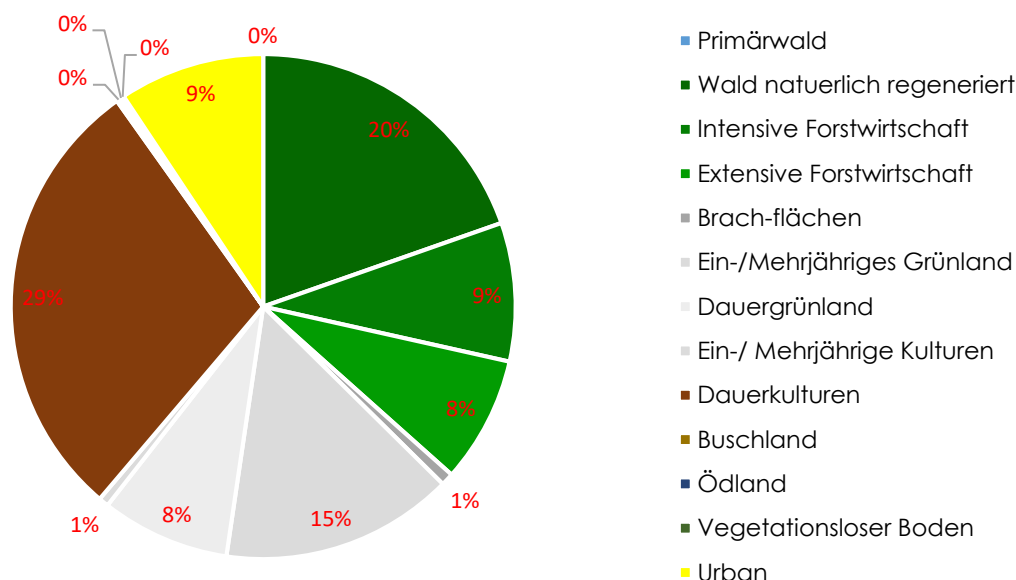


Abbildung III-2: Flächennutzung in Deutschland. (Eigene Darstellung nach Faragò, Benini, Sala, Secchi, & Laurent (2019))

Bei dieser Zusammensetzung werden nur die Flächen berücksichtigt, die theoretisch als Flächen für Gebäude und Landwirtschaft zur Verfügung stehen würden, also Waldflächen, landwirtschaftliche Flächen usw. Flüsse und Seen fließen nicht in dieses Modell ein.

Solch eine Flächenzusammensetzung stellt Faragò et al. (2019) für jedes in dieser Datentabelle berücksichtigte Land zur Verfügung. Allerdings gibt es für manche Datensätze N/A-Werte. Diese Werte werden mit einem durchschnittlichen globalen Anteil gefüllt. Es wird zunächst ein globaler Durchschnittsanteil für jede Flächennutzungsform berechnet und anschließend mit der Gesamtfläche des Landes multipliziert. Diese Methode des Lückenfüllens stellt einen Unsicherheitsfaktor dar.

Den Landnutzungsanteilen werden nun Ökosystemleistungen zugewiesen, als Basis dafür dient eine Studie von Costanza, et al. (1997), die (teilweise) Ökosystemleistungen bewertet. Leider bewerten die Autoren nur Teilaspekte. Vor allem der Wert einer Fläche, um als Habitat/ Refugium zu fungieren, fehlt. Die in der Studie vorhandenen Werte sind in Tabelle III-7 abgebildet.

Tabelle III-7: Durchschnittliche globale Werte jährlicher Ökosystemleistungen für verschiedene Ökosysteme

Biome	Tropical forest	Temperate/ Boreal	Grass/ rangelands	Cropland	Urban
Gas regulation			7		
Climate regulation	223	88	0		
Disturbance regulation	5				
Water regulation	6	0	3		
Water supply	8				
Erosion control	245		29		
Soil formation	10	10	1		
Nutrient cycling	922				
Waste treatment	87	87	87		
Pollination			25	14	
Biological control		4	23	24	
Habitat					
Food production	32	50	67	54	
Raw materials	315	25			
Genetic resources	41		0		
Recreation	112	36	2		
Cultural	2	2			
Total value \$/ha/year	2007	302	232	92	

Ausschnitt aus Costanza et al. (1997)

Leider enthält die Studie von Faragò et al. (2019) keine separate Ausweisung tropischer Wälder. Da diese für den Wert einer Fläche von wesentlicher Bedeutung sind, wird eine Annahme getroffen, die auf dem Breitengrad der Hauptstadt basiert. Sobald die Hauptstadt eines Landes zwischen 23 Grad nördlich und 23 Grad südlich des Äquators liegt, wird die gesamte Waldfläche des Landes als „tropische Wälder“ klassifiziert. Auch diese Methode stellt einen Unsicherheitsfaktor dar. Um die Dollarwerte aus der Studie von Costanza et al. (1997) in einen Eurowert 2020 umzuwandeln, werden wie in Kapitel V beschrieben, die Werte mit dem Faktor 1,4771 multipliziert. Die Zuweisung der Ökosystemleistungen können der folgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle III-8: Umweltkosten aufgrund von Biodiversitätsverlust und dem Verlust an Ökosystemdienstleistungen nach Nutzungsformen

Nutzungsformen Faragò et al. 2019	Nutzungsformen NC-HoGa Projekt	Costanza durchschnittlicher Wert in \$/ha/Jahr	Euro 2020/ha/Jahr	Euro 2020/m²/Jahr
Primärwald	Wald gesamt Boreal oder Wald gesamt Tropen	302	446,0842	0,04460842
Natürlich regenerierter Wald		2007	2964,5397	0,29645397
Extensive Forstwirtschaft				
Intensive Forstwirtschaft				
Brachland	Grünland*	165	243,7215	0,02437215

Dauergrünland				
Ein-/mehrjähriges Grünland				
Dauerkulturen	Ackerland*	38	56,1298	0,00561298
Einjährige Kulturen				
Buschland	Entfällt	0	0	0
Ödland		0	0	0
Vegetationsloser Boden		0	0	0
Urban		0	0	0

*Ohne Nahrungsmittelproduktion

Quelle Eigendarstellung angelehnt an Faragò et al. (2019) und Costanza et al. (1997).

Die modellierte Flächennutzung wird dann von dem Referenzszenario subtrahiert, so dass die Differenz den Verlust an Ökosystemleistungen beschreibt.

In den vom GNF zur Verfügung gestellten Tools werden teilweise Zahlen vereinfacht, da die Datenbasis der Lebensmittel nicht unterscheidet zwischen Flächenverbrauch aus den Vorketten (Tierfutter auf Sojabasis) und dem Anbau der Lebensmittel bzw. Tierhaltung (z. B. Rinderzucht). Der Wert für einjährige Kulturen wird mit Lebensmitteln gleichgesetzt. In einer späteren Überprüfung (Sensitivitätsanalyse) gilt es also diesen Aspekt besonders ausführlich zu untersuchen.

Der Wert für den Anbau von Bio-Lebensmitteln muss als sehr grober Näherungswert angesehen werden, denn er basiert auf einer weiteren Studie und ist somit nicht konsistent mit den restlichen Werten. Da die befragten Unternehmen (siehe Kapitel 2) aber besonders großen Wert auf die Berücksichtigung von Bio-Lebensmitteln legen, wird dieser grobe Näherungswert integriert.

Außerdem wird der Wert für naturnahe Firmengelände aus der Definition eines naturnahen Firmengeländes übertragen. Die Schweizer Stiftung Natur & Wirtschaft nennt ein Gelände naturnah, wenn 30 % der nicht bebauten Fläche nach naturnahen Prinzipien gestaltet sind. Es ergeben sich die folgenden für das Hotel- und Gastgewerbe relevanten Zahlen:

Nutzungsform	Euro 2020/ m²/Jahr
Durchschnittliche Fläche in Deutschland	0,02562750
Anbau von Lebensmitteln	0,00561298
Anbau von ökologisch produzierten Lebensmitteln	0,02499812
Naturnahes Firmengelände	0,01005442
Versiegelte Fläche (z. B. Gebäude oder Parkplatz)	0

III.5 Direkte Umweltaspekte

III.5.1 Wasserverbrauch

Eine Übernachtung in einem Hotel oder ein Besuch in einem Gastronomiebetrieb verbraucht immer auch eine gewisse Menge an Frischwasser aus der Wasserleitung, sei es für die Klospülung, für die Zubereitung von Mahlzeiten oder das Wäsche waschen.

Dabei lässt sich der Wasserverbrauch des Hotel- und Gastgewerbes an vielen Stellen durch verschiedene Sparmaßnahmen und Erneuerungen des Gerätebestands verringern. Der direkte Wasserverbrauch in der Einheit Liter kann dann in einer Modellierung in Umweltkosten überführt werden (siehe Kapitel III.2).

III.5.2 Abfall

Wenn Abfall entsteht, hat dieses verschiedene Auswirkungen auf die Umwelt. Viele dieser Wirkungen lassen sich nur schwer oder gar nicht quantifizieren. So ist zum Beispiel die Entstehung von Verpackungsabfällen aus Plastik ein großes Problem für die Weltmeere. Dieses Problem ergibt sich aber überwiegend durch das Entsorgungsverhalten der Gäste. Wenn also Gäste in einem Restaurant oder bei einem Lieferservice verpackte Speisen bestellen, kann es passieren, dass diese Abfälle nicht ordnungsgemäß entsorgt werden. Es handelt sich dabei aber um einen indirekten Umweltaspekt, da der Gastronomiebetrieb nur einen geringen Einfluss auf das Verhalten hat (außer der Abfallvermeidung). Die hier berechneten Zahlen beziehen sich somit auf eine vollständig ordnungsgemäße Entsorgung und basiert auf verschiedenen Erhebungen von Entsorgungsunternehmen und Umweltbehörden.

Abfall wird in Statistiken unterschiedliche behandelt. Insbesondere Entsorgungsunternehmen erfassen Abfälle eher in Volumeneinheiten (m^3 oder Liter), bei der ökologischen Modellierung wird allerdings eher in Mengeneinheiten gerechnet (kg oder Tonnen). Somit muss zunächst die Dichte verschiedener Abfallkategorien bestimmt werden, sodass sich Zahlen umrechnen lassen.

Abfallkategorien	Dichte	Einheit
Dichte für Abfall: Glas	1,2	Tonne pro m^3
Dichte für Abfall: Kunststoff	0,6	Tonne pro m^3
Dichte für Abfall: Papier und Pappe	0,3	Tonne pro m^3
Dichte für Abfall: Siedlungsabfälle gemischt	0,1	Tonne pro m^3
Dichte für Abfall: Bio - Kantinen und Küchenabfälle	0,6	Tonne pro m^3

Tabelle III-9: Dichten verschiedener Abfallkategorien, Quelle: https://www.statistik.bayern.de/service/erhebungen/bauen_wohnen/abfall/abfallarten/index.php

Das Berliner Entsorgungsunternehmen BSR hat zudem erfasst, aus welchen dieser Kategorien sich der typische Abfall im Gastgewerbe zusammensetzt. So besteht zum Beispiel der Gastronomieabfall zu einem höheren Anteil aus Lebensmittelabfällen.

	Beherbergungsbetrieb		Gastronomiebetrieb	
	Liter pro Zimmer und Woche	Tonnen pro Zimmer und Woche	Liter pro Sitz und Woche	Tonnen pro Sitz und Woche
Siedlungsabfälle	48	0,0048	4	0,0004
Pappe und Papier	12	0,0036	2	0,0006
Glas, bunt	2	0,0024	1,5	0,0018
Glas, weiß	2	0,0024	1,5	0,0018
Biotonne	4	0,0024	3	0,0018
Verpackungsabfälle	12	0,0072	2	0,0012

Tabelle III-10: Abfallzusammensetzung in der Gastronomie, Quelle: <https://www.bsr.de/abfall-rechner-23203.php>

Glasabfall bleibt unberücksichtigt, da ein Überwiegender Anteil wiederverwendet werden kann.

Die Zahlen eignen sich allerdings nicht für eine Erfassung der absoluten Mengen, denn die Einheiten „pro Zimmer“ und „pro Sitz“ sind nicht konsistent mit den restlichen Daten. Deshalb müssen sie erst umgerechnet werden.

Für die Gastronomie nennt das BMEL 2011/2 eine Bandbreite zwischen 837.000 und 1.015.000 Tonnen Lebensmittelabfälle (Mittelwert: 926.000 Tonnen). Für das Hotelgewerbe nennt Futouris (<https://www.futouris.org/aktuelles/lebensmittelabfaelle-in-hotels-durch-futouris-projekt-deutlich-reduziert/>) 200.000 Tonnen. Teilt man diese Zahlen durch die Anzahl der Betriebe, ergeben sich die Lebensmittelabfälle pro Betrieb und Jahr.

	Beherbergungsbetriebe	Gastronomie
Lebensmittelabfälle für alle Betriebe in Deutschland	200.000	926.000
Anzahl der Betriebe	43.939	165.044
Lebensmittelabfälle pro Betrieb und Jahr (in Tonnen)	4,55	5,61

Tabelle III-11: Lebensmittelabfälle in der Gastronomie, * Quelle: BMEL 2012, ** Quelle: DEHOGA (<https://www.dehoga-bundesverband.de/zahlen-fakten/anzahl-der-unternehmen/>)

Jetzt werden beide Statistiken gleichgesetzt und es ergeben sich die richtigen Zahlen in den richtigen Einheiten.

	Beherbergungsbetriebe	Gastronomie	Einheit
Lebensmittelabfälle	4,55	5,61	Tonnen pro Jahr und Betrieb
	0,0024	0,0018	Tonnen pro Sitz/ Zimmer und Woche
Verhältnisse	1896,56873	3117,013914	Sitze mal Woche pro Betrieb

Anschließend werden mithilfe der Verhältnisse auch die anderen Abfallkategorien berechnet.

	Beherbergungsbetriebe	Gastronomie	Einheit
Restmüll	9,10	1,25	t pro Betrieb und Jahr
Biotonne	4,55	5,61	t pro Betrieb und Jahr
Plastik	13,66	1,55	t pro Betrieb und Jahr
Pappe und Papier	6,83	1,87	t pro Betrieb und Jahr

Tabelle III-12: Abfall pro Jahr und Betrieb (in Tonnen), Quelle: Berechnung

Die Umrechnungsfaktoren zwischen Abfall und Emissionen konnten nicht „open source“ ermittelt werden und werden deshalb von einem externen Beratungsunternehmen (thinkstep) zur Verfügung gestellt. Die Emissionen liegen als NO_x, Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}), Staub (>PM₁₀), CO₂ und Wasserverbrauch vor und werden mit den bekannten Faktoren multipliziert.

	Beherbergungsbetriebe	Gastronomie	Einheit
Restmüll	2.443,15 €	334,61 €	Euro pro Betrieb und Jahr
Biotonne	1.221,58 €	1.505,75 €	
Plastik	7.050,79 €	800,33 €	
Pappe und Papier	1.581,83 €	433,29 €	
Summe	12.297,34 €	3.073,98 €	

Tabelle III-13: Umweltkosten pro Jahr pro Betrieb ohne Recycling, Quelle: Berechnung

Es soll zusätzlich einbezogen werden, dass ein gewisser Anteil des Abfalls recycelt wird. Dazu werden von den zuvor berechneten Kosten, die Anteile des Abfalls abgezogen, die recycelt werden. Die folgenden Recyclingquoten aus verschiedenen Quellen werden für die Berechnung genutzt:

- Restmüll: 20 % (Daten für Hausmüll 2016 (Umweltbundesamt, 2018))
- Biotonne: 97 % (inkl. Garten & Parkabfälle, Daten für 2016 (Umweltbundesamt, 2018))
- Plastik: 42 % (Daten für 2013 (Umweltbundesamt, 2018))
- Pappe & Papier: 83 % (Daten für 2015 (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), 2018))

Daraus ergeben sich die folgenden Werte in Euro pro Jahr pro Betrieb:

	Beherbergungsbetriebe	Gastronomie	Einheit
Restmüll	267,69 €	1954,52 €	Euro pro Betrieb und Jahr
Biotonne	45,17 €	36,55 €	
Plastik	464,19 €	4089,46 €	
Pappe und Papier	73,66 €	268,91 €	
Summe	850,71 €	6349,54 €	

Tabelle III-14: Umweltkosten pro Jahr pro Betrieb unter Berücksichtigung der Recycling Quoten

III.5.3 Stromerzeugung

Eine Übernachtung in einem Hotel oder ein Besuch in einem Gastronomiebetrieb verursacht schon alleine aufgrund des Verbrauchs an Energie erhebliche Umweltauswirkungen.

Dabei entstehen diese Umweltwirkungen hauptsächlich durch die Erzeugung der Energie in Form von Strom oder Kraft-/Brennstoff, die dem eigentlichen Verbrauch vorgelagert ist. Ein Beispiel hierfür ist der Stromverbrauch, der zum Teil aus dem Energieträger Braunkohle erzeugt wird. Der Abbau der Braunkohle im Tagebau hat einen großen Flächenverbrauch und große Auswirkungen auf den Wasserhaushalt. Zusätzlich verursacht die Verbrennung der Braunkohle im Kraftwerk Schadstoffemissionen sowie große Mengen an klimaschädlichen Treibhausgasen.

Die Umweltwirkungen von Strom unterscheiden sich deutlich je nach der Zusammensetzung der Energieträger im Strommix. Deshalb berechneten wir zunächst die Umweltwirkungen mit dem aktuellen Strommix Deutschlands aus dem Jahr 2019 und dann zum Vergleich mit Ökostrom von *Greenpeace energy des Jahres 2018*.

Dabei gilt zu beachten, dass eine kWh Ökostrom physikalisch nicht von einer kWh konventionellem Strom zu unterscheiden ist. Strom wird über ein allgemeines Stromnetz transportiert, an das alle Stromerzeugungsanlagen und alle Stromverbraucher angeschlossen sind. Der ökologische Unterschied zwischen Ökostrom und konventionellem Strom liegt also nicht im Produkt selbst, sondern in der Herstellungsweise. *Greenpeace Energy* speist somit jederzeit genau die Menge sauberen Strom aus umweltverträglichen Kraftwerken ins Netz ein, die ihre Ökostrom-Kunden verbrauchen und verändert so den Strommix in Deutschland.

Tabelle III-15: Anteile der verschiedenen Energieträger im konventionellen Strommix.

Energieträger	Konventioneller Strommix	Öko-Strommix
Braunkohle	0,241	-
Steinkohle	0,139	-
Gas	0,074	-
Öl	-	-
Kernenergie	0,133	-
Wasserkraft	0,032	0,5045
Windkraft	0,204	0,4955
Photovoltaik	0,084	-
Biomasse	0,083	-
Sonstiges	0,01	-

Von Deutschland im Jahr 2018 (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2019) und Öko-Strommix vom Anbieter *Greenpeace energy* (*Greenpeace energy*, 2019) im Jahr 2018.

In der Methodenkonvention (Umweltbundesamt, 2018) sind Umweltkosten der Stromerzeugung in Deutschland einschließlich der Vorketten der verschiedenen Energieträger berechnet worden. Allerdings beziehen sich diese Kosten nur auf die Treibhausgase und die klassischen Luftschadstoffe; die Umweltfolgen aufgrund der Beeinträchtigung von Ökosystemen oder Landnutzungsänderungen sind nicht berücksichtigt.

Tabelle III-16: Umweltkosten der Stromerzeugung in Deutschland.

Energieträger	Luftschadstoffe	Treibhausgase (180€/tCO ₂ eq)	Gesamte Umweltkosten (180€/tCO ₂ eq)
Braunkohle	1,95	18,86	20,81
Steinkohle	1,6	17,19	18,79
Erdgas	0,83	7,77	8,59
Öl	4,92	15,13	20,06
Wasserkraft	0,06	0,24	0,3
Windkraft	0,1	0,18	0,28
Photovoltaik	0,41	1,23	1,64
Biomasse	3,74	4,42	7,71

In [€/Cent/kWh] (Umweltbundesamt, 2018)

Die Berechnung der Umweltkosten für 1 kWh Strom sowie 1 kWh Ökostrom erfolgt anhand der gegebenen Werte aus der Methodenkonvention (Umweltbundesamt, 2018) (siehe Tabelle III-16) für einzelne Energieträger in Kombination mit den Anteilen des Mix aus Tabelle III-15. Die Ergebnisse für die gesamten Umweltkosten für 1 kWh Strom in Deutschland für den konventionellen sowie den Ökostrom-Mix sind in Tabelle III-17 dargestellt.

Tabelle III-17: Umweltkosten für 1 kWh Strom.

Strommix	Luftverschmutzung	Treibhausgase	Gesamte Umweltkosten
Konventioneller Strom	1,4	10,61	12,01
Ökostrom	0,08	0,21	0,29

In €-Cent beim aktuellen Strommix von konventionellem sowie Ökostrom (siehe Tabelle III-15) in Deutschland.

III.5.4 Wärmeerzeugung

Die Umweltkosten der Wärmeerzeugung unterscheiden sich je nach Art des Energieträgers stark. Die Methodenkonvention 3.0 (Umweltbundesamt, 2018) gibt die Kosten je nach Energieträger vor (siehe Tabelle III-18).

Tabelle III-18: Umweltkosten der Wärmeerzeugung in Deutschland.

Wärmeerzeugung	Luftschadstoffe	Treibhausgase (180€/tCO ₂ eq)	Gesamte Umweltkosten (180€/tCO ₂ eq)
Heizöl	0,82	5,73	6,54
Erdgas	0,39	4,48	4,87
Braunkohle (Brikett)	3,97	7,70	11,67
Fernwärme (mit Netzverlust)	1,30	5,71	7,02
Elektr. Heizung (mit Netzverlust)	1,66	10,93	12,59
Solarthermie	0,20	0,22	0,41
Geothermie (flach)	0,70	3,61	4,31
Geothermie (tief)	0,01	0,01	0,02
Biomasse	2,13	0,60	2,74

In [€-Cent/kWh] (Umweltbundesamt, 2018)

Tabelle III-19: Umweltkosten für 1 kWh Wärme.

	Luftverschmutzung	Treibhausgase	Gesamte Umweltkosten
Wärmeerzeugung	0,71	4,99	5,69

In €-Cent beim aktuellen Bestand der Heizsysteme im Gastgewerbe (siehe Tabelle III-44) in Deutschland.

Im folgenden Teil sind die einzelnen Aktivitäten im Hotel- und Gastgewerbe aufgelistet und ihre jeweiligen Umweltwirkungen durch Stromverbrauch, Kraftstoffverbrauch und/oder Wasserverbrauch dargestellt.

III.5.5 Beleuchtung (Strom)

Jeder Betrieb im Hotel- und Gastgewerbe benötigt Licht und verbraucht deshalb Strom für die Beleuchtung. Dabei weisen die Wahl der Lampen (konventionell/LED) und die Wahl des Strommix (konventionell/Ökostrom) große Unterschiede bei den entstehenden Umweltkosten auf. Den Fokus der Umweltkosten für die Beleuchtung im Hotel- und Gastgewerbe legten wir auf den Stromverbrauch, weshalb weder die Herstellung noch die Entsorgung der Lampen in die entstehenden Umweltkosten mitbezogen wurden.

III.5.5.1 Beleuchtung, konventionell

Der Energieverbrauch verschiedener Betriebe, unter anderem aus dem Hotel- und Gastgewerbe, wurde in einer Studie von Schlomann et al. (2013) stichprobenartig erhoben und auf das gesamte Hotel- und Gastgewerbe skaliert. Gleichzeitig wurden zehn Betriebe aus dem Hotelsektor und neun Betriebe aus der Gastronomie besucht und die Daten für den Stromverbrauch nach Nutzungsart erhoben. Eine untersuchte Nutzungsart dieser Erhebung war die Beleuchtung. Aus dem jährlichen Stromverbrauch für die Beleuchtung von zehn Hotelbetrieben sowie neun Gastronomiebetrieben berechneten wir den jährlichen Durchschnittsverbrauch pro Quadratmeter.

Tabelle III-20: Stromverbrauch.

	Einheiten	Beherbergungsbetrieb	Gastronomiebetrieb
Durchschnittlicher Stromverbrauch für Beleuchtung eines Betriebs**	kWh/a*m ²	14,46	31,69
Durchschnittliche Betriebsgröße im Beherbergungsbereich**	m ²	1.134	258
Durchschnittlicher Stromverbrauch für Beleuchtung pro Betrieb	kWh/a	16.397,64	8.176,02
Durchschnittliche Anzahl von Übernachtungen (Ü)*** / Gaststättenbesuchen* (G)	pro Betrieb im Jahr	10.422 Ü	155.348 G*
Stromverbrauch für (konventionelle) Beleuchtung pro Übernachtung/ Gaststättenbesuch	kWh	1,5730/Ü	0,0526/G

In kWh für die Beleuchtung eines durchschnittlichen Beherbergungsbetriebs und eines durchschnittlichen Gastronomiebetriebs

* Im Jahr 2010 gab es in Deutschland pro Kopf 136 Restaurantbesuche (STATISTA, 2018), d.h. bei einer Bevölkerungszahl von 82,792351 Mio. (Statistisches Bundesamt, 2017) wären das insgesamt pro Jahr circa 11,26 Mrd. Restaurantbesuche in Deutschland. Da es im Jahr 2016 in Deutschland 72.481 Restaurantbetriebe (DEHOGA Bundesverband, 2019) gab, hat ein durchschnittlicher Restaurantbetrieb circa 155.347,7427 Besucher pro Jahr.

** (Schlomann, et al., 2013)

*** (DEHOGA, 2018)

Dieser Datensatz bezieht sich auf den Stromverbrauch für die Beleuchtung von nur wenigen Betrieben aus dem Hotel- und Gastgewerbe in Deutschland. Auch wenn sich die Anzahl und Art der installierten Lampen, die Beleuchtungszeiten in Abhängigkeit von der Flächennutzung, die notwendige Beleuchtungsstärke und die Beleuchtungsqualität von Betrieb zu Betrieb teilweise stark unterschieden, wird die Annahme getroffen, dass dieser Wert auf alle Betriebe des Hotelgewerbes in ganz Deutschland übertragbar ist. Die Werte des Stromverbrauchs der Betriebe wurden im Jahr 2011 gemessen. Auch wenn sich die Zusammensetzung der Lampenarten und die Steuerung der Beleuchtung inzwischen in vielen Betrieben verbessert haben dürften, wird die Annahme getroffen, dass der Wert auf die heutige Zeit übertragbar ist.

III.5.5.2 Beleuchtung, LED-Lampen

Durch die richtige Lampenwahl kann viel Energie (d.h. Umweltkosten) eingespart werden. In diesem Datensatz haben wir den Stromverbrauch für Beleuchtung mit ausschließlich LED-Leuchtmitteln berechnet.

Aus einer Gesamterhebung der Projektgruppe des Fraunhofer ISI (Schlomann, et al., 2015) geht hervor, auf welchen Flächen des Hotels (Gästezimmer/ Restaurant, Emp-

fang, Halle/ Fassade/ Freiflächen) und des Gastronomiebetriebs (Gasträume/ Produktion/ Lager/ Fassade/ Freiflächen) durchschnittlich (aus 89 befragten Hotelbetrieben/ 127 befragten Gastronomiebetrieben) welche Art von Lampen verwendet wird (Glühlampen/Halogenlampen/Energiespar-, Leuchtstofflampen/LED-Lampen) (siehe Tabelle III-21 und Tabelle III-22).

Tabelle III-21: Bestand an Lampenarten im Beherbergungsbereich in Prozent.

	Gästezimmer	Restaurant, Halle, Empfang	Fassade	Freiflächen	Im gesamten Betrieb
Glühlampen	0,32	0,38	0,11	0,22	29,48%
Halogenlampen	0,25	0,3	0,11	0,43	26,48%
ESL/ Leuchtstoff	0,25	0,15	0,54	0,17	25,52%
LED	0,18	0,17	0,24	0,18	18,52%
Gesamt	1	1	1	1	100%
Flächenverteilung im Betrieb	0,56	0,2	0,12	0,12	1

(Schloman, et al., 2015)

Tabelle III-22: Bestand an Lampenarten im Gastronomiebereich.

	Gasträume	Produktion	Lager	Fassade	Freifläche	Im gesamten Betrieb
Glühlampen	0,24	0,04	0,21	0,08	0,31	21,42%
Halogenlampen	0,26	0,08	0,06	0,12	0,32	22,30%
ESL/ Leuchtstoff	0,33	0,81	0,69	0,61	0,17	40,92%
LED	0,17	0,07	0,04	0,2	0,2	15,42%
Gesamt	1	1	1	1	1	100%
Flächenverteilung im Betrieb	0,71	0,09	0,08	0,06	0,06	1

(Schloman, et al., 2015)

Aus den Angaben zum Energieverbrauch von Lampenarten (Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz, 2015) (siehe Tabelle III-23) berechneten wir die prozentuale Einsparung, die sich ergeben würde, wenn anstatt der aktuellen Lampenausstattung ausschließlich LED-Lampen verwendet würden (siehe Tabelle III-24).

Tabelle III-23: Stromverbrauch bei 1000 h/ Jahr nach Lampenart.

Lampentyp	Stromverbrauch in kWh
Glühlampen	75
Halogenlampen	53
ESL/ Leuchtstoff	15
LED	12

(Helligkeit: 1000 Lumen) (Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz, 2015)

Bei den Berechnungen zum Stromverbrauch nach Lampenarten wurde je eine Lampe mit 1000 Lumen Helligkeitsstärke verwendet, was je nach Art 75 Watt (Glühlampe), 53 Watt (Halogenlampe), 15 Watt (Energiesparlampe) oder 12 Watt (LED-Lampe) entspricht. Andere Lampen wurden nicht berücksichtigt. Tabelle III-24 zeigt den Stromverbrauch pro Lampenart und die Einsparungsmöglichkeiten bei einer Umstellung auf LED.

Tabelle III-24: Einsparpotenzial durch Änderung des Lampentyps.

Lampenart	Beherbergungsbetrieb		Gastronomiebetrieb	
	Konventionelle Beleuchtung in kWh	Zukünftige Beleuchtung nur LED in kWh	Konventionelle Beleuchtung in kWh	Zukünftige Beleuchtung nur LED in kWh
Glühlampen	22,11		16,07	
Halogenlampen	14,03		11,82	
ESL/ Leuchtstoff	3,83		6,14	
LED	2,22	12	1,85	12
Gesamt	42,2	12	35,9	12
Quotient konventionell/LED	0,2844		0,33452	
Einsparungspotenzial durch Änderung des Lampentyps in %	71,56%		66,55%	

In Beherbergungs- und Gastronomiebetrieben. (Eigene Berechnungen nach Schlomann, et al., 2015 und Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz, 2015).

Die unterschiedliche Lampenausstattung in unterschiedlichen Räumen wurde zwar berücksichtigt, nicht jedoch die unterschiedliche Brenndauer je nach Raumtypus. Ebenfalls unberücksichtigt bleibt die Häufigkeit des An-/Ausschaltens der Lampen.

Die Ergebnisse zum Einsparpotenzial wendeten wir auf den konventionellen Stromverbrauch für die Beleuchtung in Hotels und Gaststätten an und ermittelten so den Wert für den Stromverbrauch bei LED-Beleuchtung (Tabelle III-25). Tabelle III-25: Stromverbrauch für Beleuchtung.

	Beherbergungsbetrieb	Gastronomiebetrieb
Stromverbrauch konventionelle Lampenstruktur pro Quadratmeter und Jahr [in kWh/a*m²]	14,46	31,69
Stromverbrauch LED-Lampenstruktur pro Quadratmeter und Jahr [in kWh/a*m²]	4,11	10,6
Einsparpotenzial durch Änderung des Lampentyps in %	71,56	66,55

In Beherbergungsbetrieben und Gastronomiebetrieben pro Jahr und Quadratmeter Fläche: Konventionelle und LED-Lampenstruktur im Vergleich.

III.5.6 Kühlung (Strom)

Kühl- und Gefriergeräte laufen meist rund um die Uhr und gehören deshalb mit zu den größten Stromfressern in Haushalten. Besonders bei Betrieben im Hotel- und Gastgewerbe, die über ein eigenes Gastronomieangebot verfügen, ist der Stromverbrauch für Kühl- und Gefriergeräte, sowie für Kühl- und Gefrierräume bedeutend.

III.5.6.1 Kühlung, konventionelle Geräte

Der Energieverbrauch verschiedener Betriebe, unter anderem aus dem Hotel- und Gastgewerbe, wurde in einer Studie von Schlomann et al. (2013) stichprobenartig erhoben und auf das gesamte Hotel- und Gastgewerbe skaliert. Gleichzeitig wurden zehn Betriebe aus dem Hotelsektor und neun Betriebe aus der Gastronomie besucht und die Daten für den Stromverbrauch nach Nutzungsart erhoben. Eine untersuchte Nutzungsart dieser Erhebung war die Prozesskälte, d.h. anhand erfasster installierter Kälteleistung (elektrisch betriebene Kältekompressoren) und Betriebsdauern sowie zugrunde gelegter Kälteziffern für Prozesskälteanwendungen wurde der Stromeinsatz der Kompressoren errechnet. Bei Kälteeinrichtungen mit Beleuchtung und Umluftbetrieb wird der zugehörige Verbrauch nicht mit eingerechnet. Aus dem jährlichen Stromverbrauch für die Kühlung von zehn Hotelbetrieben sowie neun Gastronomiebetrieben berechneten wir den jährlichen Durchschnittsverbrauch pro Quadratmeter (Tabelle III-26).

Tabelle III-26: Stromverbrauch [in kWh] für Kühl-/Gefriereinrichtungen.

	Einheiten	Beherbergungsbetrieb	Gastronomiebetrieb
Durchschnittlicher Stromverbrauch für Kühl-/Gefriereinrichtungen eines Betriebs**	kWh/a*m ²	12,42	81,75
Durchschnittliche Betriebsgröße**	m ²	1.134	258
Stromverbrauch für Kühl-/Gefriereinrichtungen pro Betrieb/Jahr	kWh/a	14.084,28	21.091,50
durchschnittliche Anzahl von Übernachtungen (Ü)***/ Gaststättenbesuche* (G)	Betrieb/Jahr	10.422 Ü	155.348 G*
Stromverbrauch für (konventionelle) Kühl-/Gefriereinrichtungen pro Übernachtung/ Gaststättenbesuch	kWh	1,35/Ü	0,136/G

Für durchschnittliche Beherbergungsbetriebe und durchschnittliche Gastronomiebetriebe.

* Im Jahr 2010 gab es in Deutschland pro Kopf 136 Restaurantbesuche (STATISTA, 2018)., d.h. bei einer Bevölkerungszahl von 82.792351 Mio. (Statistisches Bundesamt, 2017) wären das insgesamt pro Jahr circa 11,26 Mrd. Restaurantbesuche in Deutschland. Da es im Jahr 2016 in Deutschland 72.481 Restaurantbetriebe (DEHOGA Bundesverband, 2019) gab, hat ein durchschnittlicher Restaurantbetrieb circa 155.347,7427 Besucher pro Jahr.

** (Schloman, et al., 2013)

*** (DEHOGA, 2018)

Dieser Datensatz bezieht sich auf den Stromverbrauch für Kühlung von nur wenigen Betrieben aus dem Hotel- und Gastgewerbe in Deutschland. Auch wenn sich die Anzahl und Art der Kühl- und Gefriergeräte und die umgebende Raumwärme von Betrieb zu Betrieb teilweise stark unterschieden, wird die Annahme getroffen, dass dieser Wert auf alle Betriebe des Hotel- und Gastgewerbes in ganz Deutschland übertragbar ist. Die Werte des Stromverbrauchs der Betriebe wurden im Jahr 2011 gemessen. Auch wenn sich die Infrastruktur an Kühl- und Gefriergeräten bzw. -räumen inzwischen in vielen Betrieben geändert haben könnte und viele Betriebe Altgeräte inzwischen durch energieeffizientere Neugeräte ersetzt haben könnten, wird die Annahme getroffen, dass der Wert auf die heutige Zeit übertragbar ist.

III.5.6.2 Kühlung, energieeffiziente Geräte

Nach DEHOGA (2014) verbrauchen die marktbesten gewerblichen Kühl- und Gefriergeräte bis zu 73 % weniger Energie als der Durchschnitt der am Markt erhältlichen Geräte.

Diese mögliche Reduktion von 73 % des Stromverbrauchs für Kühlung wurde auf die Werte von konventionellen Geräten (siehe Tabelle III-26) angewandt.

Die Berechnung des Verbrauchs mit energieeffizienten Geräten erfolgte auf Basis des höchstmöglichen Einsparpotenzials, durch die Verwendung der marktbesten gewerblichen Kühl- und Gefriergeräte aus dem Jahr 2014, verglichen mit den 2014 im Durchschnitt erhältlichen Geräten. Dies bedeutet, dass neuere Geräte, die heutzutage noch energieeffizienter sind, außer Acht gelassen wurden, und Altgeräte, die 2014 noch erhältlich waren, aber eventuell heutzutage nicht mehr, miteingeschlossen wurden.

Tabelle III-27: Stromverbrauch [in kWh] für energieeffiziente Kühl-/Gefriereinrichtungen.

	Einheiten	Beherbergungsbetrieb	Gastronomiebetrieb
Durchschnittlicher Stromverbrauch für Kühl-/Gefriereinrichtungen eines Betriebs**	kWh/a*m ²	9,07	59,68
Durchschnittliche Betriebsgröße**	m ²	1.134	258
Stromverbrauch für Kühl-/Gefriereinrichtungen pro Betrieb/Jahr	kWh/a	10.281,52	15.396,80
durchschnittliche Anzahl von Übernachtungen (Ü)***/ Gaststättenbesuche* (G)	Betrieb/Jahr	10.422 Ü	155.348 G*
Stromverbrauch für (konventionelle) Kühl-/Gefriereinrichtungen pro Übernachtung/ Gaststättenbesuch	kWh	0,365/Ü	0,037/G

Für durchschnittliche Beherbergungsbetriebe und durchschnittliche Gastronomiebetriebe.

* Im Jahr 2010 gab es in Deutschland pro Kopf 136 Restaurantbesuche (STATISTA, 2018)., d.h. bei einer Bevölkerungsanzahl von 82,792351 Mio. (Statistisches Bundesamt, 2017) wären das insgesamt pro Jahr circa 11,26 Mrd. Restaurantbesuche in Deutschland. Da es im Jahr 2016 in Deutschland 72.481 Restaurantbetriebe (DEHOGA Bundesverband, 2019) gab, hat ein durchschnittlicher Restaurantbetrieb circa 155.347,7427 Besucher pro Jahr.

** (Schloman, et al., 2013)

*** (DEHOGA, 2018)

III.5.7 Klimaanlage (Strom)

Klimaanlagen sind Geräte, die besonders viel Strom verbrauchen und bezogen auf den deutschen Hotel- und Gastsektor häufig als überflüssig angesehen werden.

Der Energieverbrauch verschiedener Betriebe, unter anderem aus dem Hotel- und Gastgewerbe, wurde in einer Studie von Schloman et al. (2013) stichprobenartig erhoben und auf das gesamte Hotel- und Gastgewerbe skaliert. Gleichzeitig wurden zehn Betriebe aus dem Hotelsektor und neun Betriebe aus der Gastronomie besucht und die Daten für den Stromverbrauch nach Nutzungsart erhoben. Eine untersuchte Nutzungsart der Erhebung ist die Klimakälte.

Von den 10 befragten Hotels verfügt jedoch nur ein Hotel über eine Klimaanlage und von den 9 befragten Gastronomiebetrieben nur ein Restaurant. Daher basiert der Wert des Stromverbrauchs für Klimakälte auf bisher nur jeweils einem einzigen Betrieb. Laut der gleichen Studie verfügen 16 % aller Hotels und 10 % aller Gastronomiebetriebe in Deutschland über eine Klimaanlage/ Raumkühlgerät. Wenn also nicht bekannt ist, ob ein Betrieb über eine Klimaanlage verfügt oder nicht, kann der kWh-Wert in Beziehung zu den 16 % bzw. 10 % gesetzt werden (siehe Tabelle III-28).

Tabelle III-28: Stromverbrauch [in kWh] für die Klimaanlage.

	Einheiten	Beherbergungsbetrieb		Gastronomiebetrieb	
		Durchschnitt	Mit Klimaanlage	Durchschnitt	Mit Klimaanlage
Durchschnittlicher Stromverbrauch für Klimakälte eines Betriebs **	kWh/a*m ²	0,43	2,67	0,09	0,90
Durchschnittliche Betriebsgröße im Beherbergungsbereich**	m ²	1.134	1.134	258	258
Stromverbrauch für Klimakälte pro Betrieb pro Jahr	kWh/a	484,06	3.025,38	23,22	232,20
Durchschnittliche Anzahl von Übernachtungen (Ü)***/ Gaststättenbesuche* (G)	Pro Betrieb im Jahr	10.422 Ü	10.422 Ü	155.348 G*	155.348 G*
Stromverbrauch für Klimakälte pro Übernachtung/ Gaststättenbesuch	kWh	0,0464/Ü	0,2903/Ü	0,0001/G	0,0015/G

Für durchschnittliche Beherbergungsbetriebe und durchschnittliche Gastronomiebetriebe. Miteingerechnet, dass nur 16% aller Hotelbetriebe und 10% aller Gastronomiebetriebe über ein Gerät zur Raumkühlung verfügen.

* Im Jahr 2010 gab es in Deutschland pro Kopf 136 Restaurantbesuche (STATISTA, 2018)„ d.h. bei einer Bevölkerungsanzahl von 82,792351 Mio. (Statistisches Bundesamt, 2017) wären das insgesamt pro Jahr circa 11,26 Mrd. Restaurantbesuche in Deutschland. Da es im Jahr 2016 in Deutschland 72.481 Restaurantbetriebe (DEHOGA Bundesverband, 2019) gab, hat ein durchschnittlicher Restaurantbetrieb circa 155.347,7427 Besucher pro Jahr.

** (Schloman, et al., 2013)

*** (DEHOGA, 2018)

III.5.8 Geschirr spülen (Strom & Wasser)

In einem Gastronomiebetrieb und in Beherbergungsbetrieben mit Verpflegungsangebot gibt es natürlich auch ein erhebliches Aufkommen an Geschirr, das gesäubert werden muss. Dies passiert überwiegend mit verschiedenen gewerblichen Spülmaschinen, die Wasser und Strom verbrauchen. Einige Spülmaschinen haben auch einen Anschluss an Warmwasser und dadurch einen Verbrauch von Kraftstoffen zur Wärmeerzeugung (je nach Heizungstyp). Dieser Kraftstoffverbrauch wird allerdings hier außer Acht gelassen.

Das Ökoinstitut e.V. (2011) veröffentlichte Zahlen zum Energie- und Wasserverbrauch von unterschiedlichen gewerblichen Spülmaschinentypen und vergleicht dabei Altgeräte (10 Jahre alt – aus dem Jahr 2001 oder älter) und Neugeräte (bestes, im Jahr 2011 auf dem Markt erhältliches Gerät). Der Wasser- sowie Energieverbrauch ist in Liter und kWh Strom angegeben und bezieht sich teilweise auf hundert Geschirrstücke (100 dishes) und teilweise auf einen Spülgang (cycle).

Um alle Angaben einheitlich, auf einen Spülgang bezogen, vorliegen zu haben, wurde aus den Daten, bei denen die Werte pro Spülgang und pro 100 Geschirrstücke vorliegen, ein durchschnittlicher Umrechnungsfaktor von 5,6 ermittelt. Das heißt, alle Daten, die nur für 100 Geschirrstücke vorliegen, wurden durch 5,6 geteilt, um den Wert pro Spülgang zu erhalten. Obwohl nicht bekannt ist, ob der Zusammenhang zwischen dem Energie- und Stromverbrauch pro 100 Geschirrstücke und einem Spülgang linear verläuft, wird angenommen, dass die Umrechnung unabhängig vom Spülmaschinentyp linear erfolgen kann.

Für die weitere Berechnung müssen die Daten zum Energie- und Wasserverbrauch der Spülmaschinentypen pro Spülgang mit den Angaben der Spülmaschinentypen aus Schloman et al. (2015) vergleichbar sein. Deshalb wird angenommen, dass der

Typ ‚undercounter one-tank‘ am ehesten den üblichen Gläserspülmaschinen entspricht, die häufig kleiner sind und sich in der Bar befinden. Des Weiteren wird angenommen, dass Maschinen des ‚hood-type‘ am ehesten den normalen Geschirrspülmaschinen entsprechen. Übliche Durchlaufspülmaschinen für Gläser und Geschirr werden mit dem Mittelwert aus ‚conveyor-type one-tank‘ und ‚conveyor-type multi-tank‘ gleichgesetzt. Aufgrund der Nichtberücksichtigung von Spülmaschinen an Küchenutensilien in der Studie von Schlohmann et al. (2015) wurde auch der Typ ‚utensil/pot‘ aus der Studie des Ökoinstituts e.V. (2011) hier ausgeschlossen (siehe Tabelle III-29).

Zusätzlich wurde jeweils die Einsparung an Energie bzw. Wasser in Prozent berechnet (‚Verbesserung‘), die sich ergibt, wenn man ein Altgerät durch ein Neugerät ersetzen würde (siehe Tabelle III-29, Tabelle III-III-30).

Tabelle III-29: Energieverbrauch gewerblicher Spülmaschinentypen.

	Altgerät		Neugerät		Verbesserung
	kWh/100 Geschirrtteile	kWh/Spülgang	kWh/100 Geschirrtteile	kWh/Spülgang	in Prozent
Gläserspülmaschine	2,3	0,41	1,6	0,29	30%
Geschirrspülmaschine	2,4	0,43	1,7	0,3	29%
Utensil/Pot (per cycle)	0,7	0,13	0,5	0,09	29%
Conveyor-type one-tank	3,1	0,55	2	0,36	35%
Conveyor-type multi-tank	3,1	0,55	2	0,36	35%
Durchlaufspülmaschine für Gläser/ Geschirr	3,1	0,55	2	0,36	35%
average dishwasher	2,32	0,41	1,56	0,28	32,76%

Bezogen auf 100 Geschirrstücke bzw. einen Spülgang mit Angaben zu Alt- und Neugeräten und deren Vergleich (verändert nach Ökoinstitut e.V. 2011).

Tabelle III-III-30: Wasserverbrauch gewerblicher Spülmaschinentypen.

	Altgerät		Neugerät		Verbesserung
	l/100 Geschirrtteile	l/Spülgang	l/100 Geschirrtteile	l/Spülgang	in Prozent
Gläserspülmaschine	19	3,4	16	2,9	15%
Geschirrspülmaschine	19	3,4	16	2,9	15%
Utensil/Pot (per cycle)	-	6,5	-	5,2	20%
Conveyor-type one-tank	20	3,57	13	2,32	35%
Conveyor-type multi-tank	18	3,21	12	2,14	33%
Durchlaufspülmaschine für Gläser/ Geschirr	19	3,39	12,5	2,23	34%
average dishwasher	19	3,91	13,9	2,95	24,63%

Bezogen auf 100 Geschirrstücke bzw. einen Spülgang mit Angaben zu Alt- und Neugeräten und deren Vergleich (verändert nach Ökoinstitut e.V. 2011).

Energy consumption						
	old dishwasher		new dishwasher		Improvement	
		kWh/100 dishes	kWh/cycle	kWh/100 dishes	kWh/cycle	
undercounter one-tank	Gläserspülmaschine	2,30	0,41	1,6	0,29	30%
Hood-type	Geschirrspülmaschine	2,40	0,43	1,7	0,30	29%
Utensil/Pot (per cycle)		0,70	0,13	0,5	0,09	29%
Conveyor-type one-tank		3,10	0,55	2	0,36	35%
Conveyor-type multi tank		3,10	0,55	2	0,36	35%
Conveyor-type (MW one/multi)	Durchlaufspülmaschine für Gläser/ Geschirr	3,10	0,55	2	0,36	35%
average dishwasher		2,32	0,41	1,56	0,28	32,76%
Water consumption						
	old dishwasher		new dishwasher		Improvement	
		l/100 dishes	l/cycle	l/100 dishes	l/cycle	
undercounter one-tank	Gläserspülmaschinen	19	3,40	16	2,9	15%
Hood-type	Geschirrspülmaschine	19	3,40	16	2,9	15%
Utensil/Pot (per cycle)		-	6,50	-	5,2	20%
Conveyor-type one-tank		20	3,57	13	2,32	35%
Conveyor-type multi tank		18	3,21	12	2,14	33%
Conveyor-type (MW one/multi)	Durchlaufspülmaschine für Gläser/ Geschirr	19	3,39	12,5	2,23	34%
average dishwasher		19	3,91	13,90	2,95	24,63%

In der Studie von Schlohmann et al. (2015) wurde erhoben, welche Ausstattung bzgl. Spülgeräten in Beherbergungs- sowie Gastronomiebetrieben vorhanden sind und wie viele Spülgänge diese pro Tag im Durchschnitt haben (siehe Tabelle III-31).

Tabelle III-31: Bestand an Spülmaschinen in Beherbergungs- und Gastronomiebetrieben.

Spülmaschinen in Hotels	Vorhanden	Mittlere Anzahl	Spülgänge pro Tag	Warmwasseranschluss
Gläserspülmaschinen	24%	1,3	10,2	17%
Geschirrspülmaschinen	76%	1,2	5,9	35%
Durchlaufspülmaschinen für Gläser	12%	1,1	4,4	12%
Durchlaufspülmaschinen für Geschirr	32%	1	11,8	27%
Spülmaschinen in Gaststätten				
Gläserspülmaschinen	30%	1,1	6,1	13%
Geschirrspülmaschinen	70%	1,1	5,6	35%

Durchlaufspülmaschinen für Gläser	14%	1,1	6,7	9%
Durchlaufspülmaschinen für Geschirr	25%	1,1	7,9	19%

(nach Schlohmann et al. 2015)

Um den Wasser- und den Energieverbrauch von Spülen in einem durchschnittlichen Beherbergungs- sowie Gastronomiebetrieb zu berechnen, wurden die Verbrauchsangaben aus Tabelle III-29 pro Gerätetyp mit den Angaben zum Bestand, der Anzahl und den Spülgängen pro Tag aus Tabelle III-31 verrechnet, d.h. multipliziert. Anschließend wurde der Verbrauch der drei verschiedenen Gerätetypen pro Tag addiert und auf ein Jahr hochgerechnet (mit 365 multipliziert), um den Wert pro Durchschnittsbetrieb pro Jahr zu erhalten (siehe Tabelle III-32).

Tabelle III-32: Umweltwirkungen Geschirrspülen.

			Energieverbrauch in kWh	Wasserverbrauch in l
Hotel	pro Betrieb im Jahr	alte Spülmaschine	2200,80	13268,73
	pro Betrieb im Jahr	neue Spülmaschine	1497,19	10543,47
	pro Gast bzw. Übernachtung	alte Spülmaschine	0,21	1,27
	pro Gast bzw. Übernachtung	neue Spülmaschine	0,14	1,01
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	alte Spülmaschine	1,94	11,70
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	neue Spülmaschine	1,32	9,30
Gastronomie	pro Betrieb im Jahr	alte Spülmaschine	1624,99	11817,51
	pro Betrieb im Jahr	neue Spülmaschine	1106,27	9305,66
	pro Gast bzw. Übernachtung	alte Spülmaschine	0,01	0,08
	pro Gast bzw. Übernachtung	neue Spülmaschine	0,01	0,06
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	alte Spülmaschine	6,30	45,80
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	neue Spülmaschine	4,29	36,07

Energieverbrauch in l und Wasserverbrauch in kWh eines durchschnittlichen Beherbergungs- (Hotel) und Gastronomiebetriebs (Gastronomie) für Geschirr spülen, je nach Alt- oder Neugerät.

III.5.9 Wäsche waschen (Strom und Wasser)

Das Ökoinstitut e.V. (2011) gibt an, wie sich verschiedene gewerbliche Waschmaschinen bezüglich ihres Energie- und Wasserverbrauchs verhalten und unterscheidet dabei Alt- und Neugeräte, die durchschnittliche Waschmaschine berechnet sich als Mittelwert aus allen anderen Maschinen (siehe Tabelle III-33 und Tabelle III-34).

Tabelle III-33: Energieverbrauch von alten und neuen Waschmaschinen.

	Altgerät kWh/kg Wäsche	Neugerät kWh/kg Wäsche	Verbesserung
Semi-professionelle Waschscheudermaschine	0,20	0,15	25,00%
Professionelle Waschscheudermaschine <15kg	0,24	0,17	29,17%
Professionelle Waschscheudermaschine 15-40 kg	0,30	0,21	30,00%

Professionelle Waschscheudermaschine, >40 kg	0,55	0,35	36,36%
Durchschnittliche Waschmaschine	0,32	0,22	31,78%

(nach Ökoinstitut e.V. 2011)

Tabelle III-34: Wasserverbrauch von alten und neuen Waschmaschinen.

	Altgerät l/kg Wäsche	Neugerät l/kg Wäsche	Verbesserung
Semi-professionelle Waschscheudermaschine	12,50	9	28,00%
Professionelle Waschscheudermaschine <15kg	18,00	12	33,33%
Professionelle Waschscheudermaschine 15-40 kg	18,00	13	27,78%
Professionelle Waschscheudermaschine, >40 kg	18,00	14	22,22%
Durchschnittliche Waschmaschine	16,63	12	27,82%

(nach Ökoinstitut e.V. 2011)

Das Joint Research Centre (JRC) (2013) gibt in einer Review-Studie an, dass circa 5,4 kg Wäsche pro Zimmer pro Tag anfallen. Verrechnet mit den Angaben von Schlohm et al. (2015), dass ein durchschnittlicher Hotelbetrieb 21 Zimmer und 39 Betten hat, ergibt sich eine Belegung von 1,86 Gästen pro Zimmer, wenn man davon ausgeht, dass ein Zimmer immer voll belegt ist.

Dadurch ergibt sich ein Wäscheaufkommen von 2,9 kg pro Übernachtung.

Multipliziert man die Verbrauchsdaten pro kg Wäsche aus Tabelle III-33 mit 2,9 kg Wäsche in einer durchschnittlichen Waschmaschine ergeben sich Verbrauchswerte pro Übernachtung (siehe Tabelle III-35). Aufgrund unzureichender Vergleichsdaten zum Wäscheaufkommen in der Gastronomie wurde dies gleich null gesetzt, wohl bekannt, dass auch in der Gastronomie aufgrund von Servietten, Tischdecken, Geschirrtücher und ähnlichem Wäsche gewaschen werden muss.

Tabelle III-35: Umweltwirkungen Wäschewaschen.

			Energieverbrauch in kWh	Wasserverbrauch in l
Hotel	pro Gast bzw. Übernachtung	alte Waschmaschine	0,94	48,27
	pro Gast bzw. Übernachtung	neue Waschmaschine	0,64	34,84
	pro m² Betriebsfläche/Jahr	alte Waschmaschine	8,60	443,59
	pro m² Betriebsfläche/Jahr	neue Waschmaschine	5,87	320,18
	pro Betrieb/Jahr	alte Waschmaschine	9758,02	503029,60
	pro Betrieb/Jahr	neue Waschmaschine	6656,63	363089,03
Gastronomie	pro Gast	alte Waschmaschine	0	0
	pro Gast	neue Waschmaschine	0	0
	pro m² Betriebsfläche/Jahr	alte Waschmaschine	0	0
	pro m² Betriebsfläche/Jahr	neue Waschmaschine	0	0
	pro Betrieb/Jahr	alte Waschmaschine	0	0
	pro Betrieb/Jahr	neue Waschmaschine	0	0

Mittels Wasser- und Energieverbrauch beim Wäschewaschen mit gewerblichen alten und neuen Waschmaschinen.
(Annahme, dass es in der Gastronomie kein Wäscheaufkommen gibt)

III.5.10 Wäsche trocknen und bügeln (Strom)

Die meiste Wäsche, die im Hotel gewaschen wird, wird nicht an der Luft, sondern per Trockner getrocknet und teilweise auch gebügelt. Es wird davon ausgegangen, dass die Wäsche, die gewaschen wird, auch getrocknet wird, d.h. wieder 2,9 kg pro Übernachtung. Daten über den Energie- und Wasserverbrauch von gewerblichen Trocknern stammen aus der gleichen Studie (Ökoinstitut e.V., 2011) wie in Kapitel III.5.9 (§.47) zu Waschmaschinen (siehe Tabelle III-36: Energieverbrauch von gewerblichen Trocknern).

Tabelle III-36).

Tabelle III-36: Energieverbrauch von gewerblichen Trocknern.

	Altgerät kWh/kg Wäsche	Neugerät kWh/kg Wäsche	Verbesserung
Semi-Professioneller Trockner, Kondensator	0,73	0,6	17,81%
Semi-Professioneller Trockner, luftgetrocknet	0,70	0,56	20,00%
Professioneller Wäschetrockner 15-40 kg	0,85	0,65	23,53%
Professioneller Wäschetrockner >40 kg	1,15	0,85	26,09%
Durchschnittlicher Trockner	0,86	0,665	22,45%

Von Altgeräten und Neugeräten sowie das Verhältnis zwischen Alt- und Neugerät (Ökoinstitut e.V., 2011).

Anhand der Daten des durchschnittlichen Trockners pro kg Wäsche, multipliziert mit 2,9 kg Wäscheaufkommen pro Übernachtung, wurde der Energieverbrauch vom Wäschetrocknen pro Übernachtung berechnet und auf übliche Weise pro Betrieb und pro Quadratmeter Betriebsfläche hochgerechnet (siehe Tabelle III-37).

Tabelle III-37: Umweltwirkungen des Stromverbrauchs durch Wäsche trocknen (Altgerät und Neugerät).

			Energieverbrauch in kWh
Hotel	pro Gast bzw. Übernachtung	alter Trockner	2,49
	pro Gast bzw. Übernachtung	neuer Trockner	1,93
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	alter Trockner	22,88
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	neuer Trockner	17,74
	pro Betrieb und Jahr	alter Trockner	25945,74
	pro Betrieb und Jahr	neuer Trockner	20121,18
Gastronomie	pro Gast	alter Trockner	0
	pro Gast	neuer Trockner	0
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	alter Trockner	0
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	neuer Trockner	0
	pro Betrieb und Jahr	alter Trockner	0
	pro Betrieb und Jahr	neuer Trockner	0

Annahme kein Wäscheaufkommen in der Gastronomie.

Nach einer Ökobilanzierung zu Waschmitteln und deren Anwendung, wird gewerblich circa 30 % aller Wäsche auch gebügelt (Ökoinstitut e.V., 2001).

In einer relativ alten Studie von Dürr und Hilmer (1984) wurden Bügelmaschinen auf ihren Energieverbrauch analysiert (siehe Tabelle III-38).

Tabelle III-38: Energieverbrauch beim Bügeln.

	Bügeleisen		Bügelmaschine	
	Trockenbügeleisen kWh	Dampfbügeleisen kWh	Trockenbügelmaschine kWh	Dampfbügelmaschine kWh
Mischposten (gesamt)*	0,56	0,89	1,02	1,85
nach Bügeltyp:				
Pflegeleicht	0,680	1,190	1,010	2,270
Einsprengwäsche	0,430	0,580	0,960	1,350
nach Form:				
Formteile	0,710	1,190	1,400	2,65
glatte Teile	0,410	0,590	0,630	1,010

Für 3,1 kg Wäsche nach (Dürr & Hilmer, 1984)

*Mischposten: 50% Einsprengwäsche (Baumwoll- und Leinenwäsche), davon 75% glatte Teile und 25% Formteile, 50% pflegeleichte Wäsche (Mischgewebe, Chemiefaser), davon 25% glatte Teile und 75% Formteile (Dürr und Hilmer 1984)

Es wird davon ausgegangen, dass keine Wäsche von Hand gebügelt wird, sondern alles mit der Maschine. Aufgrund unzureichender Vergleichsdaten über die Nutzung von Trockenbügeleisen und Dampfbügeleisen wurde die Annahme getroffen, dass das Dampfbügeleisen gleich oft benutzt wird, wie das Trockenbügeleisen. Die Daten von Dürr & Hilmer (1984) liegen pro Wäscheladung vor und wurden noch auf 1 kg Wäsche heruntergerechnet, was einen Wert von 0,46 kWh Stromverbrauch pro kg Wäsche ergibt.

Multipliziert mit einem Wäscheaufkommen von 2,9 kg pro Übernachtung und in Relation gesetzt mit 30 %, die davon gebügelt werden, ergeben sich Werte für den Energieverbrauch fürs Bügeln in kWh pro Übernachtung. Diese werden nach dem üblichen Verfahren pro Betrieb und pro Quadratmeter Betriebsfläche umgerechnet (siehe Tabelle III-39).

Tabelle III-39: Umweltwirkungen des Stromverbrauchs durch Wäschebügeln in kWh.

		Energieverbrauch in kWh
Hotel	pro Gast bzw. Übernachtung	0,4
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	3,71
	pro Betrieb und Jahr	4201,88
Gastronomie	pro Gast bzw. Übernachtung	0
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	0
	pro Betrieb und Jahr	0

Annahme: kein Wäscheaufkommen in der Gastronomie.

III.5.11 Reinigen (Strom + Wasser)

Um Hygienevorschriften im Hotel- und Gastgewerbe einzuhalten muss regelmäßig gereinigt werden, was aufgrund des Stromverbrauchs für Staubsaugen und des Wasserverbrauchs für Wischen und Putzen mit Umweltwirkungen einhergeht.

Obwohl sicherlich viele große Betriebe über Reinigungsmaschinen verfügen, wurden diese außer Acht gelassen und es wurde angenommen, dass die nasse Reinigung

nicht maschinell verläuft. Für die nasse Reinigung fällt deshalb die Umweltwirkung allein auf den Wasserverbrauch.

Die AWWA Research Foundation (2000) gibt in Prozentanteilen an, wie viel Wasser des Gesamtverbrauchs eines durchschnittlichen Hotels und eines durchschnittlichen Restaurants für die einzelnen Aktivitäten verwendet wird. Ziemlich große Anteile fallen auf die Bewässerung von Gartenanlagen und die Klimaanlage mittels Kühltürmen. Das lässt darauf schließen, dass die an der Studie teilgenommenen Betriebe überwiegend in trockenen und heißen Regionen der USA liegen. Es wurde angenommen, dass sich dies nicht ohne weiteres auf Betriebe in Deutschland übertragen lässt, weshalb die Posten für Gartenbewässerung und Klimaanlage nicht berücksichtigt wurden und die Prozentanteile gleichmäßig auf alle anderen Tätigkeiten verteilt wurden.

Somit ergibt sich ein Anteil für Reinigung in Hotels von 17 % des Gesamtwasserverbrauchs und in Restaurants von 3,47 % des Gesamtwasserverbrauchs des Betriebs.

Das Lebensministerium Österreich (2010) geht von einem durchschnittlichen Wasserverbrauch von 290 l pro Übernachtung im Beherbergungsbereich und von 20 l pro Gast im Gastronomiebereich aus. Verrechnet mit den Prozentanteilen für Reinigungsaktivitäten (AWWA Research Foundation, 2000) ergibt dies 49,29 l pro Übernachtung im Beherbergungsbetrieb und 0,69 l pro Gast im Gastronomiebetrieb (siehe Tabelle III-40).

Des Weiteren wurde angenommen, dass an Maschinen zur Reinigung ausschließlich Staubsauger verwendet werden, wobei jegliche Geräte wie Kleinkehrmaschinen, Poliermaschinen, Hochdruckreiniger, Waschsauger, Scheuermaschinen und sonstige Maschinen unbeachtet bleiben. Die Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz (2014) berechnete den Stromverbrauch pro Jahr von haushaltsüblichen, durchschnittlichen Staubsaugern der Effizienzklassen C (60 kWh) und A (43 kWh). Der Berechnung der Verbraucherzentrale liegt zu Grunde, dass in einem Haushalt circa 50 Mal pro Jahr gesaugt wird und in einem durchschnittlicher Haushalt 87 m² Fläche gesaugt werden muss.

Die von der Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz veröffentlichten Werte werden auf 365 Saugvorgänge pro Jahr hochgerechnet, da angenommen wird, dass in einem durchschnittlichen Beherbergungs- sowie Gastronomiebetrieb einmal täglich komplett gesaugt wird. Um den Stromverbrauch pro Jahr pro Quadratmeter Fläche zu erhalten wird der Wert anschließend durch 87 m² geteilt (siehe Tabelle III-40).

Tabelle III-40: Umweltwirkungen der Reinigung im Hotel- und Gastgewerbe.

		Stromverbrauch Durchschnitt in kWh	Stromverbrauch Effizienzklasse C in kWh	Stromverbrauch Effizienzklasse A in kWh	Wasserverbrauch in l
Hotel	pro Betrieb im Jahr	4900,313793	5709,103448	4091,52	513703,9
	pro Gast bzw. Übernachtung	0,470189387	0,547793461	0,392585314	49,29
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	4,321264368	5,034482759	3,608045977	453,0
Gastronomie	pro Betrieb im Jahr	1114,886207	1298,896552	930,88	107914,9
	pro Gast	0,007176713	0,008361219	0,005992207	0,69
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	4,321264368	5,034482759	3,608045977	418,3

Anhand des Stromverbrauchs durch Staubsaugen und des Wasserverbrauchs durch manuelles Wischen.

Dabei bleibt unberücksichtigt, dass sich die Zahlen der Verbraucherzentrale RLP auf Haushaltsgeräte bezieht und im Gastgewerbe meist gewerbliche Geräte zum Einsatz kommen, die andere Stromverbrauchswerte haben.

III.5.12 Körperhygiene [Duschen, Waschbecken, Toilette...]

Der Wasserverbrauch für Körperhygiene beinhaltet sowohl Duschen, als auch Baden, der Wasserhahn, die Toilettenspülung und etwaige weitere körperhygienische Vorrichtungen wie BD, oder ähnliches.

Die AWWA Research Foundation (2000) gibt in Prozentanteilen an, wie viel Wasser des Gesamtverbrauchs eines durchschnittlichen Hotels und eines durchschnittlichen Restaurants für die einzelnen Aktivitäten verwendet wird. Ziemlich große Anteile fallen auf die Bewässerung von Gartenanlagen und die Klimaanlage mittels Kühltürmen, was sich darauf zurückführen lässt, dass die an der Studie teilgenommenen Betriebe überwiegend in trockenen und heißen Regionen der USA liegen. Es wurde angenommen, dass sich dies nicht ohne weiteres auf Betriebe in Deutschland übertragen lässt, weshalb die Posten für Gartenbewässerung und Klimaanlage nicht berücksichtigt wurden und die Prozentanteile gleichmäßig auf alle anderen Tätigkeiten verteilt wurden.

Somit ergibt sich ein Anteil für Körperhygiene in Hotels von 28,94 % des Gesamtwasserverbrauchs und in Restaurants von 31,94 % des Gesamtwasserverbrauchs des Betriebs.

Das Lebensministerium Österreich (2010) geht von einem durchschnittlichen Wasserverbrauch von 290 l pro Übernachtung im Beherbergungsbereich und von 20 l pro Gast im Gastronomiebereich aus. Verrechnet mit den Prozentanteilen für Körperhygiene (AWWA Research Foundation, 2000) ergibt dies 83,92 l pro Übernachtung im Beherbergungsbetrieb und 6,39 l pro Gast im Gastronomiebetrieb (siehe Tabelle III-41).

Die DEHOGA Bundesverband (2016) gibt an, dass durch wassersparende Duschköpfe, bei denen die Dicke des Wasserstrahls reduziert wird, der Verbrauch von etwa

15 auf 7 l pro Minute sinkt. Durch das Anbringen von Spararmaturen, wie Wassersparer im Duschkopf und Wasserhahn, oder einer Spartaste am Spülkasten der Toilette, wird deshalb eine mögliche Einsparung von bis zu 46,67 % angenommen. Dieser Prozentsatz wurde von den konventionellen Werten abgezogen (siehe Tabelle III-41).

Tabelle III-41: Umweltwirkungen der Körperhygiene.

		Wasserverbrauch Körperhygiene (konventionell) in l	Wasserverbrauch Körperhygiene (mit Spararmaturen) in l
Hotel	pro Betrieb im Jahr	874576,03	466440,55
	pro Übernachtung	83,92	44,76
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	771,23	411,32
Gastronomie	pro Betrieb im Jahr	992464,93	529314,63
	pro Gast	6,39	3,41
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	3846,76	2051,61

(Blau-)Wasserentnahme (Duschen, Baden, Toilettenspülung und Wasserhahn) in l pro Gast, Betrieb im Jahr, und m² Betriebsfläche im Jahr. Vergleich des konventionellen Wasserverbrauchs mit dem geringeren Wasserverbrauch durch das Anbringen von Spararmaturen.

III.5.13 Belüftung (Strom)

Die Abluft- und Belüftungssysteme sind vor allem in Restaurants nicht zu unterschätzen und können von den direkten Energiekosten circa 10 % ausmachen.

In einer Studie vom schweizerischen Bundesamt für Konjunkturfragen (1992) wurden fünf gastronomische Betriebe auf ihren Energieverbrauch analysiert. Dies ergab, dass im Durchschnitt circa 0,14 kWh Strom pro Gast für die Lüftungssysteme verbraucht wird. Dieser Wert lässt sich wie üblich mittels der Anzahl der Gaststättenbesucher und der durchschnittlichen Betriebsgröße auf den Verbrauch pro Betrieb und Jahr sowie pro Quadratmeter Betriebsfläche und Jahr hochrechnen (siehe Tabelle III-42).

Für den Stromverbrauch für Lüftungsanlagen in einem Beherbergungsbetrieb liegen bisher noch keine Daten vor – an dieser Stelle besteht Recherchebedarf.

Aufgrund unzureichender Vergleichsdaten wird daher bisher angenommen, dass nur Hotels und Gasthöfe über eine Lüftungsanlage verfügen, weil dies in einem Restaurant vorgeschrieben ist. Lüftungsanlagen in anderen Beherbergungskategorien werden außer Acht gelassen, obwohl der Stromverbrauch für Lüftungsanlagen in Badezimmern wahrscheinlich nicht zu vernachlässigen ist. Daher wurde angenommen, dass 54 % aller Beherbergungsbetriebe, das sind alle Hotels und Gasthöfe (DEHOGA Bundesverband, 2019), über einen Stromverbrauch für Belüftung verfügen. Für genauere Aufschlüsselung der Beherbergungskategorien siehe Kapitel III.5.16, (S. 58).

Tabelle III-42: Umweltwirkungen der Belüftung im Hotel- und Gastgewerbe.

		Stromverbrauch in kWh
Hotel (Durchschnitt)	pro Übernachtung	0,08
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	46,82
	pro Betrieb und Jahr	12079,84
Gastronomie (bzw. Hotel mit Restaurant)	pro Gast	0,144
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	86,71
	pro Betrieb und Jahr	22370,07

Stromverbrauchswert pro Gast in der Gastronomie aus RAVEL Bundesamt für Konjunkturfüragen (Schweiz), 1992; für Beherbergungsgewerbe gilt Hotel Durchschnitt in der Annahme, dass 54 % aller Beherbergungsbetriebe über ein Restaurant verfügen.

III.5.14 Heizen (Wärme)

Die Heizung macht oft den größten Anteil am gesamten Energieverbrauch eines Beherbergungs- oder Gastronomiebetriebes aus.

Aus der Studie von Schlohmann et al. (2013) errechnet sich aus Werten von Betriebsbegehungen, von zehn Beherbergungs- und neuen Gastronomiebetrieben, ein Energieverbrauch von 155,07 kWh pro Quadratmeter und Jahr für Beherbergungsbetriebe und 220,89 kWh pro Quadratmeter und Jahr für Gastronomiebetriebe (siehe Tabelle III-43).

Tabelle III-43: Energieverbrauch für Raumwärme (Heizung) für durchschnittliche Beherbergungs- und Gastronomiebetriebe.

	Einheiten	Beherbergungsbetrieb (Durchschnitt)	Gastronomiebetrieb (Durchschnitt)
Durchschnittlicher Energieverbrauch für die Heizung eines Betriebs**	kWh/a*m²	155,07	220,89
Durchschnittliche Betriebsgröße im Beherbergungsbereich**	m²	1.134	258
Energieverbrauch für Heizung pro Betrieb pro Jahr	kWh/a	175.849,380	56.989,620
durchschnittliche Anzahl von Übernachtungen (Ü)***/ Gaststättenbesuche* (G)	Pro Betrieb/Jahr	10.422 Ü	155.348 G*
Energieverbrauch für Heizung pro Übernachtung/ Gaststättenbesuch	kWh	16,8729/Ü	0,3669/G

* Im Jahr 2010 gab es in Deutschland pro Kopf 136 Restaurantbesuche (STATISTA, 2018)„ d.h. bei einer Bevölkerungszahl von 82,792351 Mio. (Statistisches Bundesamt, 2017) wären das insgesamt pro Jahr circa 11,26 Mrd. Restaurantbesuche in Deutschland. Da es im Jahr 2016 in Deutschland 72.481 Restaurantbetriebe (DEHOGA Bundesverband, 2019) gab, hat ein durchschnittlicher Restaurantbetrieb circa 155.347,7427 Besucher pro Jahr.

** (Schloman, et al., 2013)

*** (DEHOGA, 2018)

Je nachdem welcher Energieträger für die Wärmeerzeugung genutzt wird, verändern sich die Umweltwirkungen der Heizung. Da nur äußerst wenige Betriebe im Hotel- und Gastgewerbe Strom für das Heizen nutzen, wird diese Möglichkeit der Heizung vernachlässigt.

Die Studie des Fraunhofer Instituts (Schloman, et al., 2015) gibt an, welche Heizungssysteme im deutschen Gastgewerbe derzeit genutzt werden (siehe Tabelle III-44).

Tabelle III-44: Anteil der Heizsysteme am gesamten Brenn-/Kraftstoffverbrauch des Gastgewerbes.

Heizsystem	Anteil im Gastgewerbe in %
Kohle	0,21
Gas	48,55
Holz	2,70
Öl	37,34
Fernwärme	11,20
gesamt	100,00

(Schloman, et al., 2015).

Diese Anteile der Heizungssysteme aus Tabelle III-44 werden mit den Umweltkosten aus der Methodenkonvention (Umweltbundesamt, 2018) verrechnet, woraus sich ein Wert für die Umweltkosten eines kWh Wärmeenergie im Gastgewerbe ergibt (siehe Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

III.5.15 Warmwasser (Strom + Wärme)

In allen bisherigen Umweltwirkungen von Wassernutzung wurde davon ausgegangen, dass dieses Wasser kalt ist und nicht erhitzt wurde. Durch die Erwärmung von Wasser wird jedoch Energie verbraucht. Dieser Datensatz bezieht sich nur auf den Energieverbrauch der Warmwasserbereitung und nicht auf den eigentlichen Wasserverbrauch.

Warmes Wasser wird meist über Energieträger erzeugt, die in den Heizsystemen verwendet werden. Manchmal wird es aber auch mit Strom erzeugt, z.B. via Durchlauferhitzern. Alle anderen Möglichkeiten, wie beispielsweise eine Wärmepumpe wurden dabei außer Acht gelassen.

Der Energieverbrauch für die Warmwassererzeugung eines Beherbergungsbetriebs beläuft sich im Durchschnitt auf 28447,03 kWh pro Jahr, eines Gastronomiebetriebs auf durchschnittlich 3642,03 kWh pro Jahr. Der Verbrauch von Energie ist unterschiedlich, je nachdem welches System, ob Strom oder Gas, verwendet wird. Ist es dem Anwender nicht bekannt, wie sich in seinem Betrieb das Warmwasser beheizen lässt, kann ein Durchschnittswert verwendet werden. Aus stichprobenartigen Betriebsbegehungen in einer Studie nach Schloßmann et al. (2013) ergab sich, dass nur einer von zehn Hotelbetrieben und einer von neun Gastronomiebetrieben mit Strom Warmwasser erzeugt. Das heißt, dass nur circa 10 % aller Beherbergungsbetriebe und 11 % aller Gastronomiebetriebe Warmwasser mit Strom erzeugen. Mit diesem Verhältnis errechnet sich auch der Durchschnittswert zum Energieverbrauch aufgrund von Warmwasser (siehe Tabelle III-45).

Tabelle III-45: Umweltwirkungen der Warmwasserbereitung im Hotel- und Gastgewerbe.

		Energieverbrauch Durchschnitt in kWh	Wenn durch Brennstoff erzeugt: Brennstoffver- brauch in kWh	Wenn durch Strom erzeugt: Stromver- brauch in kWh
Hotel	pro Übernachtung	2,82	2,73	3,60
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	25,88	25,09	33,04
	pro Betrieb und Jahr	29349,06	28447,03	37467,38
Gastronomie	pro Gast	0,02	0,023	0,032
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	14,68	14,12	19,23
	pro Betrieb und Jahr	3787,16	3642,03	4961,43

Je nach System der Warmwasserbereitung: Strom- und Brennstoffnutzung; Durchschnittswert Energieverbrauch besteht aus 10 % Strom bei Beherbergung und 11 % Strom bei Gastronomie.

Um aus den Energieverbrauchsdaten in kWh für die Warmwassererzeugung Umweltkosten auszurechnen, müssen die Daten für Strom und Brennstoff getrennt betrachtet werden.

Die Umweltwirkungen des Brennstoffverbrauchs unterscheiden sich je nach genutztem Energieträger, weshalb die Daten zunächst mit Werten aus der Studie des Fraunhofer Instituts (Schloßmann, et al., 2015) verrechnet werden. Diese geben an, welche Heizungssysteme im deutschen Gastgewerbe derzeit genutzt werden (siehe Tabelle III-44).

Tabelle III-46: Anteil der Heizsysteme am gesamten Brenn-/Kraftstoffverbrauch des Gastgewerbes.

Heizsystem	Anteil im Gastgewerbe in %
Kohle	0,21
Gas	48,55

Holz	2,70
Öl	37,34
Fernwärme	11,20
gesamt	100,00

(Schlomann, et al., 2015).

Diese Anteile der Heizungssysteme aus Tabelle III-44 werden dann mit den Umweltkosten aus der Methodenkonvention (Umweltbundesamt, 2018) verrechnet. Für den Anteil der Warmwassererzeugung, der aus Strom generiert wird, wird vorgegangen, wie in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** beschrieben (siehe **Fehler! Textmarke nicht definiert.** ff.).

III.5.16 Zubereitung von Speisen und Getränken (Energie & Wasser)

Die Zubereitung von Speisen und Getränken im Hotel- und Gastgewerbe hat unterschiedliche Umweltwirkungen. Zum einen wird durch jegliche Kochgeräte (u.a. Kochplatten, Ofen, Fritteuse, Grill, etc.), Warmhaltegeräte (z.B. Bain-Marie) und mechanische Geräte (z.B. Rührgerät, Mixer, etc.) Energie verbraucht.

Die hierfür verbrauchte Energie setzt sich in der Gastronomie aus 43,7 % Brennstoffverbrauch (üblicherweise Gas) und 56,3 % Stromverbrauch zusammen; im Beherbergungsgewerbe aus 22,8 % Brennstoff- und 77,2 % Stromverbrauch.

Im Beherbergungsgewerbe gibt es sehr unterschiedliche Angebote an Speisen und Getränken. Es wird angenommen, dass Hotels und Gasthöfe über ein Restaurant mit warmen Speisen verfügen, Hotels garni sowie Pensionen nur Frühstück anbieten und alle sonstigen Beherbergungsbetriebe (z.B. Ferienwohnungen, Campingplätze, Jugendherbergen, etc.) gar kein Angebot an Speisen oder Getränken haben. Anhand von Zahlen des DEHOGA Bundesverbandes (2019) für die Anzahl der umsatzsteuerpflichtigen Unternehmen des Gastgewerbes für das Jahr 2017, lässt sich prozentual berechnen, dass ca. 54 % aller Beherbergungsbetriebe ein Restaurant haben, 20 % aller Beherbergungsbetriebe nur Frühstück anbieten und ca. 26 % der Beherbergungsbetriebe gar kein Angebot an Speisen und Getränken haben (siehe Tabelle III-47).

Tabelle III-47: Anzahl der umsatzsteuerpflichtigen Unternehmen des Gastgewerbes.

Kategorien	Anzahl	Anzahl in %	Verpflegungsangebot
Beherbergungsgewerbe gesamt	43939	100 %	Gastronomie?
Hotels	11158	54 %	mit Restaurant
Gasthöfe	12635		
Hotels garni	3699	20 %	mit Frühstück
Pensionen	5091		
Sonstiges Beherbergungsgewerbe	11356	26 %	ohne Angebot

Nach Kategorien im Jahr 2017 nach DEHOGA Bundesverband (2019) und jeweilige Eingruppierung nach Art des gastronomischen Angebots.

Für jegliche Gastronomiebetriebe wurde ein Durchschnittswert errechnet, der dann auch für diejenigen Beherbergungsbetriebe genutzt wurde, die über ein Restaurant verfügen.

III.5.16.1 Konventionell

Energie

In einer Studie von Mudie et al. (2016) wurden jegliche Küchengeräte von 14 gewerblichen Küchen einer britischen Gastronomiekette auf ihren Energieverbrauch untersucht. Innerhalb dieser Gastronomiekette waren die Geräte Fritteuse und Grill am bedeutendsten, was sich vermutlich nicht unbedingt auf den deutschen Gastromiesektor übertragen lässt. Trotzdem wird eine Übertragbarkeit angenommen.

Nimmt man aus dem Energieverbrauch einer Küche pro Tag, aus der Studie (Mudie, Essah, Grandison, & Felgate, 2016), alle Geräte zum Kühlen und Gefrieren heraus (siehe extra Kapitel Kühlen, S. 40), erhält man einen Energieverbrauch von circa 179,38 kWh pro Tag und damit 65.473,7 kWh pro Jahr. Dieser Wert gilt allein für die Zubereitung (inklusive Warmhalten) der Speisen und Getränke. Dabei wurde angenommen, dass der Betrieb 365 Tage im Jahr geöffnet hat.

Dieser Wert von 65.473,7 kWh pro Jahr Energieverbrauch je Gastronomiebetrieb lässt sich anhand der Zahl von 155347,74 Gaststättenbesucher pro Jahr (STATISTA (2018), Statistisches Bundesamt (2017), DEHOGA Bundesverband (2019)) in einen Energieverbrauch je Gaststättenbesucher von 0,42 kWh umrechnen. Anhand der durchschnittlichen Betriebsgröße eines Gastronomiebetriebs von 258 m² wurde ein Energieverbrauch von 253,77 kWh pro m² Betriebsfläche und Jahr errechnet.

Diese Energieverbrauchswerte wurden für alle Gastronomiebetriebe verwendet.

Für ‚sonstigen Beherbergungsbetriebe‘ wurde ein Energieverbrauch gleich 0 kWh für die Zubereitung von Speisen und Getränken angenommen, da davon ausgegangen wird, dass sie über keinerlei gastronomisches Angebot verfügen.

Da Hotels garni und Pensionen nur Frühstück anbieten, was hauptsächlich kalte Speisen beinhaltet, die keine Energie für die Zubereitung benötigen, kann hierfür der Wert aus der Studie von Mudie et al. (2016) nicht verwendet werden.

Anhand der Portionsangaben einzelner Zutaten für einen Standard-Brunch pro Person (INFORAMA, 2019) lässt sich annehmen, welche Speisebestandteile eines Frühstücks Energie benötigen (siehe Tabelle III-48). Wenn nur für die Zubereitung eines Eis (50 g), einer Portion Bratspeck (50 g) und 200 ml Kaffee oder Tee (Rösti wird angenommen, da in Deutschland eher unüblich) Energie genutzt wird, kann man von 300 g warmen Speisen/Getränke pro Übernachtungsgast ausgehen.

Tabelle III-48: Angaben der Portionsgröße je Zutat für einen Brunch.

Mengen pro Person für einen Brunch	
Brot/Zopf	100-150g
Butter	25g
Konfi/Honig	25g
Käse, Fleisch	50g
Joghurt/ Quark/ Milch	1,5 dl
Flocken	50-80g
Beeren/Früchte	50g
Rösti	120g
Eier	1
Bratspeck	50g
Getränke	
Milch	1,5 dl-2 dl
Kaffee, Tee	2-3 dl
Süßmost/Traumensaft	2-3 dl

In Gramm bzw. Deziliter (INFORAMA, 2019).

Laut der Apothekenumschau (2019) wiegt eine warme Hauptmahlzeit bestehend aus Fisch oder Fleisch, Gemüse und einer Kohlenhydratbeilage wie Nudeln oder Kartoffeln, im Durchschnitt zwischen 400 und 550 Gramm. Deshalb wird für die Berechnungen einfach 500 g Gewicht für eine warme Mahlzeit angenommen. Da der Energieverbrauch in der Gastronomie für einen Gaststättenbesucher schon ausgerechnet vorliegt (0,42 kWh) und davon ausgegangen wird, dass dies mit einer Mahlzeit gleichzusetzen ist (weil selten ein Besucher zwei Mahlzeiten bestellt), müsste ein Frühstück (300 g) einen Energieverbrauch von ca. 0,25 kWh pro Gast haben.

Dieser Wert wird wie üblich (siehe oben) anhand von Übernachtungsgästen pro Jahr und der durchschnittlichen Betriebsgröße auf den Energieverbrauch pro Betrieb und pro Quadratmeter und Jahr skaliert werden. Dieser Wert wird immer dann verwendet, wenn der Betrieb entweder ein Hotel garni oder eine Pension ist, oder der Anwender angibt, er biete seinen Gästen ausschließlich Frühstück an.

Für alle Hotels und Gasthöfe von denen angenommen wird, dass sie Frühstück anbieten sowie warme Speisen, werden die zwei Werte (Energieverbrauch Frühstück und Energieverbrauch warme Mahlzeit) zusammengerechnet (siehe Tabelle III-49). Hotels mit Vollpension-Angebot bleiben unbeachtet.

Wasser

In einer Studie von Calderón et al. (2018) wird angenommen, dass für 1 kg Produktgewicht in einem fertigen Essen circa 7,9 l Wasser entnommen werden. Von diesen 7,9 l/kg Speise verbraucht das Geschirrspülen 6 l. Da Spülen in unseren Datensätzen einen extra Berechnungswert darstellt (siehe Kapitel Spülen, S.44) wird nur 1,9 l (7,9 l minus 6 l) Wasserentnahme pro kg Produktgewicht einer fertigen Speise angenommen. Da eine durchschnittliche Speise 500 g schwer ist (Apothekenumschau, 2019), wird ein durchschnittlicher Wasserverbrauch von 0,95 l pro Mahlzeit angenommen.

Dieser Wert steht für den Wasserverbrauch der Zubereitung von Speisen pro Gaststättenbesucher, da wieder angenommen wird, dass kein Besucher mehr als eine Speise

konsumiert. Dieser Wert wird auf dem üblichen Weg mit der Anzahl der Gaststättenbesucher und der durchschnittlichen Betriebsgröße auf einen Wasserverbrauch pro Betrieb und Jahr sowie pro Quadratmeter und Jahr hochskaliert.

Für alle Hotels garni und Pensionen wird der Wert von 1,9 l pro kg Speise mit 300 g pro Frühstück multipliziert, ungeachtet dessen, welche Speisen genau für ein Frühstück miteingehen und welche nicht, bzw. ob diese viel Wasser verbrauchen oder wenig.

Für alle Hotels und Gasthöfe von denen angenommen wird, dass sie Frühstück anbieten sowie warme Speisen, werden die zwei Werte (Energieverbrauch Frühstück und Energieverbrauch warme Mahlzeit) zusammengerechnet. Hotels mit Vollpension-Angebot bleiben unbeachtet.

Die Skalierung von einer Mahlzeit auf einen Gastronomiebetrieb ist etwas ungenau, da Gastronomiebetriebe auch Kneipen und Bars sein können, die sicherlich so gut wie keinen Energie- und Wasserverbrauch für die Zubereitung von Speisen und Getränken haben. Es wird jedoch angenommen, dass dies durch den Verbrauch z.B. hohen Wasserverbrauch von Eiscafés und Cafés und durch den hohen Energieverbrauch von z.B. energieintensiven Grillimbissen wieder ausgeglichen wird.

III.5.16.2 Mit Energiesparoptionen

Die Verbraucherzentrale RLP (Quelle) gibt einige Energiesparoptionen für Küchengeräte an. Demnach lassen sich bis zu 40 % der Energie einsparen, wenn ein klassisches gusseisernes Kochfeld durch ein Induktionskochfeld ersetzt wird. Des Weiteren lassen sich bis zu 50 % Energie einsparen, wenn ein Elektroofen der Energieeffizienzklasse A durch ein Gerät der Klasse A+++ ersetzt wird und bis zu 52,9 %, wenn ein Gasofen der Energieeffizienzklasse A durch ein Gerät der Klasse A+++ ersetzt wird. Auch wenn sich diese Werte auf Haushaltsgeräte beziehen, wird angenommen, dass sich diese Einsparungsmöglichkeiten auch auf gewerbliche Geräte übertragen lassen.

In der Studie von Mudie et al. (2016) wird angegeben, dass Geräte zum Warmhalten der Speisen besonders viel Energie verbrauchen. Durch die Nicht-Verwendung von Warmhaltegeräten und dem Just-in-time-Kochen, könnten nach Mudie et al. (2016) circa 16 % Energie eingespart werden.

Diese Energiesparoptionen werden auf alle berechneten Daten zur konventionellen Zubereitung von Speisen und Getränken angewandt.

Tabelle III-49: Umweltwirkungen der Zubereitung von Speisen/Getränken im Hotel- und Gastgewerbe.

			Energie-verbrauch (gesamt) in kWh	Davon Strom in kWh	Davon Wärmeenergie in kWh	Wasser-verbrauch in l
Hotel garni	pro Übernachtung	konventionell	0,25	0,14	0,11	0,57
(nur Frühstück)		Ohne Warmhalten	0,25	0,20	0,06	0,57
		Bei elektr. Kochfeld: Umstellung auf Induktion	0,10	0,08	0,02	0,57
		Bei Ofen Elektro: Neugerät	0,25	0,20	0,06	0,57
		Bei Ofen Gas: Neugerät	0,25	0,20	0,06	0,57
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	konventionell	2,32	1,79	0,53	5,24
		Reduktion Warmhalten	2,32	1,79	0,53	5,24
		Bei elektr. Kochfeld: Umstellung auf Induktion	0,93	0,72	0,21	5,24
		Bei Ofen Elektro: Neugerät	2,32	1,79	0,53	5,24
		Bei Ofen Gas: Neugerät	2,32	1,79	0,53	5,24
	pro Betrieb und Jahr	konventionell	2635,51	2034,51	601,00	5940,54
		Ohne Warmhalten	2635,51	2034,51	601,00	5940,54
		Bei elektr. Kochfeld: Umstellung auf Induktion	1054,20	813,80	240,40	5940,54
		Bei Ofen Elektro: Neugerät	2635,51	2034,51	601,00	5940,54
		Bei Ofen Gas: Neugerät	2635,51	2034,51	601,00	5940,54
Beherbergung (Durchschnitt)	pro Übernachtung	konventionell	0,28	0,16	0,12	0,63
		Ohne Warmhalten	0,24	0,15	0,10	0,63
		Bei elektr. Kochfeld: Umstellung auf Induktion	0,21	0,12	0,09	0,63
		Bei Ofen Elektro: Neugerät	0,26	0,15	0,10	0,63
		Bei Ofen Gas: Neugerät	0,22	0,13	0,08	0,63
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	konventionell	2,56	1,44	1,12	5,78

		Reduktion Warmhalten	2,23	1,35	0,88	5,78
		Bei elektr. Kochfeld: Umstellung auf Induktion	1,94	1,13	0,81	5,78
		Bei Ofen Elektro: Neugerät	2,35	1,42	0,93	5,78
		Bei Ofen Gas: Neugerät	2,01	1,23	0,78	5,78
	pro Betrieb und Jahr	konventionell	2905,78	1635,31	1270,48	6549,75
		Ohne Warmhalten	2525,21	1531,42	993,79	6549,75
		Bei elektr. Kochfeld: Umstellung auf Induktion	2204,38	1284,69	919,69	6549,75
		Bei Ofen Elektro: Neugerät	2669,03	1612,36	1056,67	6549,75
		Bei Ofen Gas: Neugerät	2274,53	1390,34	884,19	6549,75
Hotel/Gasthof	pro Übernachtung	konventionell	0,67	0,38	0,29	1,52
		Ohne Warmhalten	0,57	0,32	0,25	1,52
		Bei elektr. Kochfeld: Umstellung auf Induktion	0,40	0,23	0,18	1,52
(Frühstück + warme Mahlzeit)		Bei Ofen Elektro: Neugerät	0,34	0,19	0,15	1,52
		Bei Ofen Gas: Neugerät	0,32	0,18	0,14	1,52
	pro m² Betriebsfläche und Jahr	konventionell	27,24	15,33	11,91	13,97
		Ohne Warmhalten	22,88	12,88	10,00	13,97
		Bei elektr. Kochfeld: Umstellung auf Induktion	16,34	9,20	7,15	13,97
		Bei Ofen Elektro: Neugerät	13,62	7,67	5,96	13,97
		Bei Ofen Gas: Neugerät	12,82	7,21	5,60	13,97
	pro Betrieb und Jahr	konventionell	7028,02	3955,20	3072,81	15841,44
		Ohne Warmhalten	5903,54	3322,37	2581,16	15841,44
		Bei elektr. Kochfeld: Umstellung auf Induktion	4216,81	2373,12	1843,69	15841,44
		Bei Ofen Elektro: Neugerät	3514,01	1977,60	1536,41	15841,44

		Bei Ofen Gas: Neugerät	3307,30	1861,27	1446,03	15841,44
Gastronomie	pro Gaststät- ten-besuch	konventionell	0,42	0,24	0,18	0,95
		Ohne Warm- halten	0,35	0,20	0,15	0,95
		Bei elektr. Kochfeld: Um- stellung auf In- duktion	0,35	0,20	0,15	0,95
		Bei Ofen Elektro: Neu- gerät	0,38	0,21	0,17	0,95
		Bei Ofen Gas: Neugerät	0,31	0,17	0,14	0,95
	pro m² Be- triebsfläche und Jahr	konventionell	253,77	142,82	110,96	572,02
		Ohne Warm- halten	213,17	119,97	93,20	572,02
		Bei elektr. Kochfeld: Um- stellung auf In- duktion	212,69	119,70	92,99	572,02
		Bei Ofen Elektro: Neu- gerät	228,51	128,60	99,91	572,02
		Bei Ofen Gas: Neugerät	186,42	104,92	81,51	572,02
	pro Betrieb und Jahr	konventionell	65473,70	36847,06	28626,64	147580,36
		Ohne Warm- halten	54997,91	30951,53	24046,38	147580,36
		Bei elektr. Kochfeld: Um- stellung auf In- duktion	54874,10	30881,86	23992,24	147580,36
		Bei Ofen Elektro: Neu- gerät	58956,63	33179,41	25777,22	147580,36
		Bei Ofen Gas: Neugerät	48097,48	27068,13	21029,34	147580,36
pro kg Lebensmittel (Verzehrbereit)			0,84	0,47	0,37	1,90

Konventionell und mit verschiedenen Energiesparoptionen (Zusammengestellt und berechnet aus Mudie et al (2016), Verbraucherzentrale RLP, Calderón et al (2018), Apothekenumschau (2019), INFORAMA (2019))

IV. INDIREKTE UMWELTASPEKTE

IV.1 Bezug von Lebensmitteln für die Gastronomie

Unternehmen im Hotel- und Gastgewerbe beziehen Lebensmittel für ihre Gastronomie. Diese Lebensmittel müssen zunächst produziert und dann an den Zielort transportiert werden (siehe Abbildung IV-1).

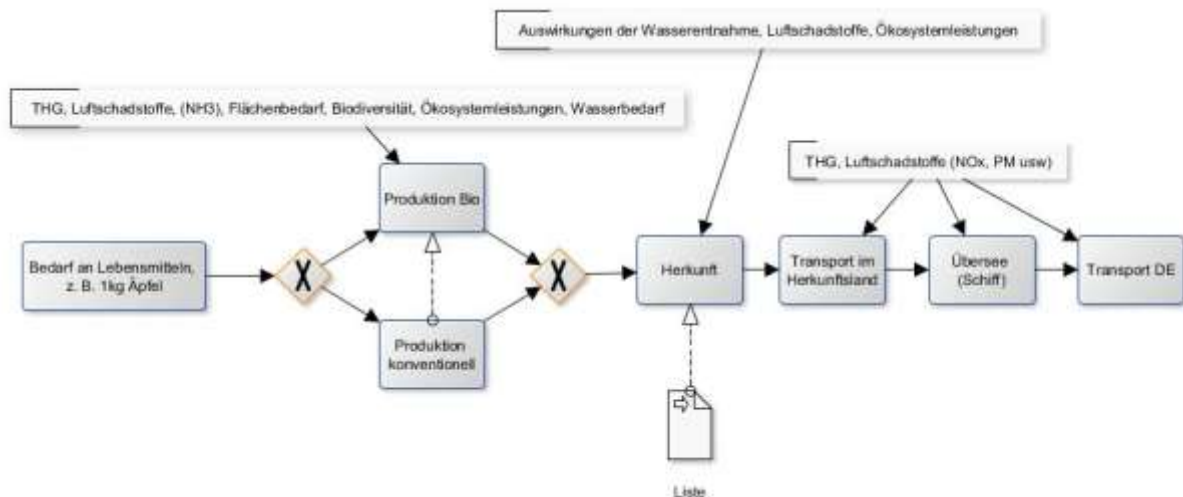


Abbildung IV-1: Entstehende Umweltkosten beim Bezug von Lebensmitteln.
(Ohne Verarbeitung der Primärprodukte). (Quelle: Eigene Darstellung)

IV.2 Produktion von Lebensmitteln

Der landwirtschaftliche Anbau von Nahrungsmitteln und die Erzeugung tierischer Produkte beeinflusst die Umwelt auf verschiedenen Ebenen:

1. Die Landwirtschaft trägt maßgeblich zur Emission klimaschädlicher Gase bei (v.a. Methan-Emissionen aus der Tierhaltung und Lachgas-Emissionen aus Böden als Folge der Stickstoffdüngung).
2. Wasser ist ein essentieller landwirtschaftlicher Produktionsfaktor. Einen Eingriff in das natürliche Ökosystem stellt hauptsächlich das Wasser dar, das zur künstlichen Bewässerung aus Oberflächengewässern oder dem Grundwasser entnommen wird („blaues Wasser“).
3. Landnutzungsänderungen hin zu landwirtschaftlichen Flächen führen zum Verlust der Artenvielfalt.
4. Die Emission von Ammoniak (NH₃) verursacht unter anderem Feinstaubbildung und gefährdet damit auch die menschliche Gesundheit.

Da sich die entstehenden Umweltkosten bei der Erzeugung von Lebensmitteln je nach Produktionsweise stark unterscheiden, wird nach konventioneller und ökologischer Erzeugung unterschieden.

IV.2.1.1 Obst und Gemüse

IV.2.1.1.1 Konventionelle Produktion

Die Emission klimarelevanter **Treibhausgase** durch die landwirtschaftliche Produktion von Obst und Gemüse wird in CO₂-Äquivalenten angegeben. Die verwendeten Werte stammen aus einer Review-Studie von Clune et al. (2016). Sind für einzelne Obstsorten keine CO₂-Emissionen angegeben, wurde der Durchschnittswert aller Obstsorten verwendet.

Die verwendeten Werte bezüglich des **Wasserverbrauchs** beim Anbau von Obst und Gemüse stammen aus einer Studie von Mekonnen und Hoekstra (2011) und beziehen sich ausschließlich auf den sogenannten "blauen" Wasserverbrauch. Als blaues Wasser wird die Menge an Wasser bezeichnet, die zur künstlichen Bewässerung benutzt wird. Dieses Wasser wird Oberflächengewässern (Bächen, Flüssen, Seen etc.) oder dem Grundwasser entnommen.

Die verwendeten Werte bezüglich des durchschnittlichen **Flächenverbrauchs** beim Anbau verschiedener Obst und Gemüsesorten stammen aus der FAO STAT Database (2019) und beziehen sich auf den weltweiten Durchschnitt im Jahr 2017.

Die gesundheitlich relevanten **Luftschadstoffe** aus dem Anbau von Lebensmitteln sind überwiegend Ammoniak-Emissionen (NH₃) aus Stickstoffüberschüssen aufgrund von Düngung, die zur Bildung von Feinstaub beitragen. Andere eventuelle Luftschadstoffe wurden nicht berücksichtigt. Die Werte für Ammoniak-Emissionen stammen von Meier (2014), wobei nur jeweils ein Durchschnittswert für alle Gemüsesorten und ein Durchschnittswert für alle Obstsorten verwendet wird.

Tabelle IV-1: Umweltwirkungen des konventionellen Obstanbaus.

Konventionell	THG-Emissionen in kg	Wasserentnahme in Liter	Flächenverbrauch in m ²	NH ₃ -Emissionen in g
Obst	0,42	254	0,71	0,60
Ananas	0,50	9	0,40	0,60
Äpfel	0,29	133	0,59	0,60
Aprikosen	0,43	502	1,26	0,60
Bananen	0,72	97	0,49	0,60
Birnen	0,31	94	0,57	0,60
Cranberries	0,92	108	0,66	0,60
Datteln	0,32	1250	1,63	0,60
Erdbeeren	0,58	109	0,43	0,60
Feigen	0,43	1595	2,74	0,60
Grapefruit/Pomelo	0,51	85	0,38	0,60
Heidelbeeren	0,92	334	1,84	0,60
Himbeeren	0,84	53	1,45	0,60

Kirschen	0,39	531	1,70	0,60
Kiwis	0,36	168	0,61	0,60
Kokosnuss	0,42	2	2,02	0,60
Mandarinen	0,45	118	0,77	0,60
Mango/Guaven	0,28	362	1,12	0,60
Melonen	0,51	25	0,33	0,60
Orangen	0,33	110	0,53	0,60
Papaya	0,42	40	0,34	0,60
Pfirsiche	0,43	188	0,62	0,60
Pflaumen	0,45	188	2,23	0,60
Stachelbeeren	0,84	8	1,74	0,60
Weintrauben	0,37	97	0,93	0,60
Zitronen	0,26	152	0,63	0,60

Daten beziehen sich auf 1 kg der jeweiligen Obstsorte. (zusammengestellt aus Clune, Crossin, & Verghese, 2016; Mekonnen & Hoekstra, 2011; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019; Meier, 2014)

Tabelle IV-2: Umweltwirkungen des konventionellen Gemüseanbaus.

Konventionell	THG-Emissionen in kg	Wasserentnahme in Liter	Flächenverbrauch in m ²	NH ₃ -Emissionen in g
Gemüse	0,67	94,65	1,16	0,70
Artischocken	0,48	242	0,81	0,70
Aubergine	1,35	33	0,36	0,70
Avocado	1,30	283	0,99	0,70
Blumenkohl	0,36	21	0,54	0,70
Bohnen	0,48	54	0,65	0,70
Brokkoli	0,60	21	0,54	0,70
Erbsen	0,49	63	1,29	0,70
Gurke	0,48	42	0,27	0,70
Karotten	0,23	28	0,27	0,70
Kartoffeln	0,20	33	0,50	0,70
Kichererbsen	0,49	224	9,856	0,70
Knoblauch	0,77	81	0,56	0,70
Kohlrabi	0,57	26	0,35	0,70
Kürbis	0,29	24	0,76	0,70
Mais	0,47	81	1,738	0,70
Oliven	0,47	499	5,18	0,70
Paprika	0,63	42	0,55	0,70
Peperoni	0,66	42	0,55	0,70
Pilze	1,10	43	0,03	0,70
Rote Beete	0,27	167	0,27	0,70
Salat	0,24	28	0,46	0,70
Spargel	3,70	119	1,74	0,70
Spinat	0,18	14	0,33	0,70
Tomaten	0,83	63	0,27	0,70
Zucchini	0,54	24	0,76	0,70
Zwiebeln	1,05	88	0,53	0,70

Daten beziehen sich auf 1 kg der jeweiligen Gemüsesorte. (zusammengestellt aus Clune, Crossin, & Verghese, 2016; Mekonnen & Hoekstra, 2011; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019; Meier, 2014)

IV.2.1.1.2 Ökologische Produktion

Die ökologische Erzeugung von Obst und Gemüse hat meist geringere Treibhausgasemissionen, geringeren Wasserverbrauch (auf Grauwasser bezogen), geringere Luftschadstoffemissionen, jedoch einen erhöhten Flächenbedarf im Vergleich zum konventionellen Anbau.

Eine Studie von Aguilera et al. (2015) vergleicht CO₂-Emissionen aus konventionellem und ökologischem Anbau in Spanien. Es wurde angenommen, dass die Werte des Anbaus in Spanien auf den weltweiten Anbau übertragbar sind. Aus den Daten berechneten wir die CO₂-Einsparung bei ökologischer Landwirtschaft in Prozent und wendeten dies auf die Daten aus dem Datensatz für den konventionellen Anbau an (siehe Tabelle IV-3 und Tabelle IV-4).

In den Studien werden verschiedene Frucht- und Gemüsekategorien unterschieden. Für alle Obstsorten, die nicht in eine der Kategorien passen (z.B. versch. Beeren) wurde der Mittelwert aus allen vorhandenen Kategorien verwendet.

Tabelle IV-3: Treibhausgasemissions-Einsparungspotenzial bei ökologischem Obstanbau.

Fruchtkategorie	Beispiele	THG-Emissionen in g CO ₂ eq/ kg		Verhältnis ö:k
		Konventionell	Ökologisch	
Zitrusfrüchte	Mandarinen, Orangen, Zitronen	147	83	56 %
Früchte	Äpfel, Birnen, Pflaumen, Trauben, Pfirsiche, Aprikosen, Feigen	118	94	80 %
Subtropische Früchte	Mangos, Avocados, Bananen	301	113	38 %
Nüsse	Mandeln, Haselnuss, Karob-Nuss	972	955	98 %
Weintrauben	(nur für Wein)	158	106	67 %
Oliven		324	-10	-
Mittelwert				68 %

Verglichen mit konventionellem Anbau in Spanien (Aguilera, Guzmán, & Alonso, 2015).

Für alle Gemüsesorten, die nicht explizit in der Studie aufgelistet sind, wurde die Kategorie anhand der Ähnlichkeit zu anderen Sorten ausgewählt. Das heißt, für Auberginen, Gurken, Peperoni, Spinat und Zucchini wurde Kategorie ‚Gewächshaus‘ gewählt, für Kichererbsen Kategorie ‚Gemüse (nicht bewässert)‘ und für alle restlichen Gemüsesorten wurde ‚Gemüse – Freiland‘ gewählt (siehe Tabelle IV-4).

Tabelle IV-4: Treibhausgasemissions-Einsparungspotenzial bei ökologischem Gemüseanbau.

Gemüsekategorie	Beispiele	THG-Emissionen in g CO ₂ e/ kg		Verhältnis ö:k
		Konventionell	Ökologisch	
Getreide (nicht bewässert)	Gerste, Weizen, Hafer	315	183	58 %
Gemüse (nicht bewässert)	Bohnen, Erbsen	233	195	84 %
Reis		1660	2644	159 %
Gemüse - Freiland	Zwiebeln, Kartoffeln, Sellerie, Spargel, Blumenkohl, Brokkoli	238	161	68 %
Gemüse - Gewächshaus	Tomaten, Salat, Paprika	215	178	83 %

Im Vergleich zum konventionellen Anbau in Spanien (Aguilera, Guzmán, & Alonso, 2015).

In einem Tätigkeitsbericht des Forschungsinstituts für biologischen Landbau (FiBL) in Österreich (2012) werden bezüglich der Wasserentnahme Unterschiede zwischen ökologischem und konventionellem Anbau genannt, die sich allerdings nur auf den Grauwasseranteil beziehen (welcher in den Werten des konventionellen Anbaus gar nicht miteinbezogen wurde) (siehe Tabelle IV-5). Aufgrund unzureichender Vergleichsdaten, wurde der Prozentanteil der durchschnittlichen Wassereinsparung bei ökologischem Anbau (15 %) für Obst und der Wert für Wassereinsparung bei ökologischem Gemüseanbau (25 %) auf die ursprünglichen Werte des konventionellen Anbaus angewandt (siehe Tabelle IV-6).

Tabelle IV-5: Wassereinsparung bei ökologischem Anbau.

Landwirtschaftliche Produkte	Wassereinsparung bei ökologischem Anbau im Vergleich zu konventionellem Anbau
Weizen	20 %
Milch	15 %
Gemüse	25 %
Schwein	25 %
Durchschnitt (aus allen bilanzierten Produkten)	15 %

Im Vergleich zum konventionellem Anbau für einige landwirtschaftliche Produkte (Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich, 2012).

Eine Metastudie von Ponisio et al. (2015) verglich die Erträge von ökologischer und konventioneller Landwirtschaft. Im Durchschnitt liegen die Erträge aus ökologischen Anbaumethoden um 19,2 % unter denen aus konventionellen Anbaumethoden. Deshalb wird angenommen, dass verglichen mit dem konventionellen Anbau 19 % mehr Fläche benötigt wird, um Lebensmittel ökologisch anzubauen.

Haas & Köpke (1994) berichten von 69 % geringeren Ammoniakemissionen bei biologischem Anbau im Vergleich zu konventionellem Anbau.

Mithilfe der vorliegenden Werte, der bekannten Umweltwirkungen von Obst und Gemüse im konventionellen Landbau (siehe IV.2.1.1.1), wurden die Werte für den ökologischen Landbau berechnet (siehe Tabelle IV-6).

Tabelle IV-6: Umrechnung der Werte von Umweltwirkungen des konventionellem Anbaus zum ökologischen Anbau.

	THG-Emissionen	Wasserentnahme	Flächenverbrauch	NH ₃ -Emissionen
	Aguilera, Guzmán, & Alonso, 2015	Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich, 2012	Ponisio, et al., 2015	Haas & Köpke, 1994
Obst	[je nach Sorte:] x * 0,56 (Zitrusfrüchte) x * 0,80 (Früchte) x * 0,38 (Subtrop. Früchte) x * 0,68 (Sonstiges)	x - (x * 0,15)	x + (x * 0,19)	x * 0,69
Gemüse	[je nach Sorte:] x * 0,58 (Getreide) x * 0,84 (Gemüse, o. Bewässerung) x * 0,68 (Gemüse – Freiland) x * 0,83 (Gemüse Gewächshaus)	x - (x * 0,25)	x + (x * 0,19)	x * 0,69

X stellt den Wert im konventionellen Anbau dar (nach Aguilera et al. 2014; Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich, 2012; Ponisio, et al., 2015; Haas & Köpke, 1994).

Tabelle IV-7: Umweltwirkungen des ökologischen Obstanbaus.

Ökologisch	THG-Emissionen in kg	Wasserentnahme in Liter	Flächenverbrauch in m ²	NH ₃ -Emissionen in g
Obst	0,28	216	0,88	0,41
Ananas	0,19	8	0,50	0,41
Äpfel	0,23	113	0,73	0,41
Aprikosen	0,34	427	1,56	0,41
Bananen	0,27	82	0,61	0,41
Birnen	0,25	80	0,71	0,41
Cranberries	0,73	92	0,81	0,41
Datteln	0,12	1063	2,02	0,41
Erdbeeren	0,46	93	0,53	0,41
Feigen	0,34	1356	3,39	0,41
Grapefruit/Pomelo	0,29	72	0,48	0,41
Heidelbeeren	0,73	284	2,27	0,41
Himbeeren	0,67	45	1,80	0,41
Kirschen	0,31	451	2,11	0,41
Kiwis	0,29	143	0,76	0,41
Kokosnuss	0,41	2	2,51	0,41
Mandarinen	0,25	100	0,95	0,41
Mango/Guaven	0,11	308	1,39	0,41

Melonen	0,41	21	0,41	0,41
Orangen	0,19	94	0,65	0,41
Papaya	0,16	34	0,42	0,41
Pfirsiche	0,34	160	0,77	0,41
Pflaumen	0,36	160	2,76	0,41
Stachelbeeren	0,67	7	2,15	0,41
Weintrauben	0,29	82	1,15	0,41
Zitronen	0,15	129	0,78	0,41

Daten beziehen sich auf 1 kg der jeweiligen Obstsorte. (zusammengestellt aus Clune, Crossin, & Vergheze, 2016; Mekonnen & Hoekstra, 2011; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019; Meier, 2014; Aguilera, Guzmán, & Alonso, 2014; Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich, 2012; Ponisio, et al., 2015; Haas & Köpke, 1994)

Tabelle IV-8: Umweltwirkungen des ökologischen Gemüseanbaus.

Ökologisch	THG-Emissionen in kg	Wasserentnahme in Liter	Flächenverbrauch in m²	NH ₃ -Emissionen in g
Gemüse	0,46	70,99	1,43	0,48
Artischocken	0,32	181,50	1,01	0,48
Aubergine	0,91	24,75	0,44	0,48
Avocado	0,88	212,25	1,23	0,48
Blumenkohl	0,24	15,75	0,66	0,48
Bohnen	0,40	40,50	0,81	0,48
Brokkoli	0,41	15,75	0,66	0,48
Erbsen	0,41	47,25	1,60	0,48
Gurke	0,32	31,50	0,34	0,48
Karotten	0,16	21,00	0,33	0,48
Kartoffeln	0,14	24,75	0,62	0,48
Kichererbsen	0,15	168,00	12,20	0,48
Knoblauch	0,52	60,75	0,69	0,48
Kohlrabi/Kohl	0,39	19,50	0,44	0,48
Kürbis	0,20	18,00	0,94	0,48
Mais	0,17	117,75	2,15	0,48
Oliven	0,32	374,25	6,41	0,48
Paprika	0,52	31,50	0,68	0,48

Peperoni	0,55	31,50	0,68	0,48
Pilze	0,74	32,25	0,03	0,48
Rote Beete	0,18	125,25	0,33	0,48
Salat	0,20	21,00	0,57	0,48
Spargel	2,50	89,25	2,16	0,48
Spinat	0,12	10,50	0,41	0,48
Tomaten	0,69	47,25	0,33	0,48
Zucchini	0,37	18,00	0,94	0,48
Zwiebeln	0,71	66,00	0,66	0,48

Daten beziehen sich 1 kg der jeweiligen Gemüsesorte. (zusammengestellt aus Clune, Crossin, & Vergheze, 2016; Mekonnen & Hoekstra, 2011; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019; Meier, 2014; Aguilera, Guzmán, & Alonso, 2014; Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich, 2012; Ponisio, et al., 2015; Haas & Köpke, 1994)

IV.2.1.2 Sonstige Pflanzliche Erzeugnisse

Als ‚Sonstige Pflanzliche Erzeugnisse‘ werden alle pflanzlichen Erzeugnisse gefasst, die nicht als Gemüse oder Obst klassifiziert sind. Sie sind in die Kategorien ‚Getreide‘, ‚Hülsenfrüchte‘, ‚Nüsse‘, ‚Gewürze‘, ‚Zucker‘, ‚Öle‘ und ‚Sonstiges‘ eingeteilt.

IV.2.1.2.1 Konventionelle Produktion

Die Emission klimarelevanter Treibhausgase durch die landwirtschaftliche Produktion von sonstigen pflanzlichen Erzeugnissen wird in CO₂-Äquivalenten angegeben. Die verwendeten Werte stammen aus einer Review-Studie von Clune et al. (2016). Bei allen Produkten, zu denen kein Wert von Clune et al. (2016) vorlag, wurde zunächst der Durchschnittswert von allen anderen Produkten innerhalb derselben Kategorie (z.B. Gewürze) verwendet. Für alle Öle wurde der Durchschnittswert für Öl von Meier (2014) verwendet. Für Kaffee, Tee und Kakao in der Kategorie ‚Sonstiges‘ wurden ebenfalls Werte von Meier (2014) verwendet. Hopfen wurde mit dem Durchschnittswert für Getreide (Clune, Crossin, & Vergheze, 2016) versehen, auch wenn es nicht zu den Getreiden zählt.

Die verwendeten Werte bezüglich des Wasserverbrauchs beim Anbau pflanzlicher Erzeugnisse stammen aus einer Studie von Mekonnen und Hoekstra (2011) und beziehen sich ausschließlich auf den sogenannten "blauen" Wasserverbrauch. Als blaues Wasser wird die Menge an Wasser bezeichnet, die zur künstlichen Bewässerung benutzt wird. Dieses Wasser wird Oberflächengewässern (Bächen, Flüssen, Seen etc.) oder dem Grundwasser entnommen. Immer dann wenn ein Wert zu einzelnen Produkten in der Studie (Mekonnen & Hoekstra, 2011) nicht vorhanden ist, wurde der Durchschnittswert der jeweiligen Kategorie verwendet.

Die verwendeten Werte bezüglich des durchschnittlichen Flächenverbrauchs beim Anbau verschiedener Obst und Gemüsesorten stammen aus der FAO STAT Database (2019) und beziehen sich auf den weltweiten Durchschnitt im Jahr 2017. Immer dann

wenn ein Wert zu den einzelnen Produkten nicht vorhanden ist (FAO STAT (2019)), wurde der Durchschnittswert der jeweiligen Kategorie verwendet.

Die gesundheitlich relevanten Luftschadstoffe aus dem Anbau von Lebensmittel sind überwiegend Ammoniak-Emissionen (NH₃) aus Stickstoffüberschüssen aufgrund von Düngung, die zur Bildung von Feinstaub beitragen. Andere eventuelle Luftschadstoffe wurden nicht berücksichtigt. Der Wert für Ammoniak-Emissionen stammt von Meier (2014) (siehe Tabelle IV-9).

Tabelle IV-9: Umweltwirkungen des konventionellen Anbaus sonstiger pflanzlicher Erzeugnisse.

Konventionell	THG-Emissionen in kg	Wasserentnahme in Liter	Flächenverbrauch in m²	NH ₃ -Emissionen in g
Getreide	0,5	228	6,270	0,70
Hafer	0,38	181	3,929	0,70
Roggen	0,38	25	3,264	0,70
Gerste	0,43	79	3,189	0,70
Weizen	0,52	342	2,832	0,70
Hirse	0,5	57	10,978	0,70
Quinoa	1,15	228	11,806	0,70
Reis	2,55	341	2,173	0,70
Mais	0,47	81	1,738	0,70
Hülsenfrüchte	0,51	173	1,559	0,70
Bohnen	0,43	125	11,609	0,70
Erdnüsse	0,83	150	5,933	0,70
Soja	0,49	70	3,504	0,70
Soja-Milch	0,75	123	3,504	0,70
Linsen	1,03	489	8,672	0,70
Kichererbsen	0,77	224	9,856	0,70
Erbsen	0,38	33	5,024	0,70
Nüsse	1,2	1367	7,136	0,70
Cashew	1,44	921	15,072	0,70
Walnüsse	1,51	1299	2,866	0,70
Pistazien	1,53	7602	6,913	0,70
Mandeln	1,54	1908	8,599	0,70
Haselnüsse	0,97	1090	6,681	0,70
Kokosnuss	0,45	2,0	2,025	0,70
Mandel-/Kokosmilch	0,42	2,0	2,025	0,70
Gewürze	1,18	744	4,104	0,70
Knoblauch	0,57	81	0,560	0,70
Ingwer	0,88	40	1,224	0,70
Senfsamen	2,09	1,0	10,929	0,70
Vanillebohnen	1,18	39048	121,065	0,70
Zimt	1,18	41	12,679	0,70
Nelken	1,18	30	38,285	0,70
Muskat/Kardamom	1,18	2623	30,779	0,70
Anis/Koriander	1,18	1865	10,815	0,70
Pfefferminz	1,18	63	0,388	0,70
Zucker	0,34	52	1,255	0,70
Zuckerrohr	0,5	57	0,141	0,70

Zuckerrübe	0,18	26	0,163	0,70
Öle	3,4	220	3,644	0,70
Palmöl	3,4	1,0	3,644	0,70
Sonnenblumenöl	3,4	148	5,544	0,70
Rapsöl	3,4	231	4,557	0,70
Sesamöl	3,4	1183	18,047	0,70
Kokosöl	3,4	3,0	3,644	0,70
Sonstiges				
Kaffee, geröstet	0,6	139	11,767	0,70
Kakaopulver	0,6	3,0	22,589	0,70
Schokolade	0,6	198	22,589	0,70
Grüntee/Schwarztee	0,6	898	6,681	0,70
Hopfen (Zapfen)	0,5	269	6,183	0,70

Ohne Obst und Gemüse, bezogen auf 1 kg des jeweiligen Produkts. (zusammengestellt aus Clune, Crossin, & Verghese, 2016; Mekonnen & Hoekstra, 2011; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019; Meier, 2014)

IV.2.1.2.2 Ökologische Produktion

Die ökologische Erzeugung von pflanzlichen Produkten hat meist geringere Treibhausgasemissionen, geringeren Wasserverbrauch (auf Grauwasser bezogen), geringere Luftschadstoffemissionen, jedoch einen erhöhten Flächenbedarf im Vergleich zum konventionellen Anbau.

Eine Studie von Aguilera et al. (2015) vergleicht CO₂-Emissionen aus konventionellem und ökologischem Anbau in Spanien. Es wurde angenommen, dass die Werte des Anbaus in Spanien auf den weltweiten Anbau übertragbar sind. Aus den Daten berechneten wir die CO₂-Einsparung bei ökologischer Landwirtschaft in Prozent und wendeten dies auf die Daten aus dem Datensatz für den konventionellen Anbau an (siehe Tabelle IV-3 und Tabelle IV-4).

In den Studien werden verschiedene Kategorien unterschieden. Für alle Produkte, die nicht in eine der Kategorien passen, wurde der Mittelwert aus allen in der Studie vorhandenen Kategorien verwendet (siehe Tabelle IV-10).

Tabelle IV-10: Verhältnis von Treibhausgasemissionen bei ökologischem Anbau pflanzlicher Erzeugnisse. Im Vergleich zum konventionellen Anbau in Spanien.

Kategorie	Beispiele	THG-Emissionen in g CO ₂ e/ kg		Verhältnis ö:k
		Konventionell	Ökologisch	
Getreide (nicht bewässert)	Gerste, Weizen, Hafer	315	183	58 %
Hülsenfrüchte (nicht bewässert)	Bohnen, Erbsen	233	195	84 %
Reis		1660	2644	159 %
Nüsse	Mandeln, Haselnüsse	972	955	98 %
Mittelwert				68 %

(Aguilera, Guzmán, & Alonso, 2015).

In einem Tätigkeitsbericht des Forschungsinstituts für biologischen Landbau (FiBL) in Österreich (2012) werden bezüglich der Wasserentnahme Unterschiede zwischen ökologischem und konventionellem Anbau genannt, die sich allerdings nur auf den Grauwasseranteil beziehen (welcher in den Werten des konventionellen Anbaus gar

nicht miteinbezogen wurde) (siehe Tabelle IV-5). Aufgrund unzureichender Vergleichsdaten, wurde der Prozentanteil der durchschnittlichen Wassereinsparung bei ökologischem Anbau (15 %) auf die ursprünglichen Werte des konventionellen Anbaus angewandt.

Eine Metastudie von Ponisio et al. (2015) verglich die Erträge von ökologischer und konventioneller Landwirtschaft. Im Durchschnitt liegen die Erträge aus ökologischen Anbaumethoden um 19,2 % unter denen aus konventionellen Anbaumethoden. Deshalb wird angenommen, dass verglichen mit dem konventionellen Anbau 19 % mehr Fläche benötigt wird, um Lebensmittel ökologisch anzubauen.

Haas & Köpke (1994) berichten von 69 % geringeren Ammoniakemissionen bei biologischem Anbau im Vergleich zu konventionellem Anbau.

Mithilfe der vorliegenden Werte der bekannten Umweltwirkungen von sonstigen pflanzlichen Erzeugnissen im konventionellen Landbau (siehe IV.2.1.1.1, Tabelle IV-6) wurden die Werte für den ökologischen Landbau berechnet (siehe Tabelle IV-11 und Tabelle IV-6).

Tabelle IV-11: Umrechnung der Werte von Umweltwirkungen des konventionellem Anbaus zum ökologischen Anbau.

	THG-Emissionen	Wasserentnahme	Flächenverbrauch	NH ₃ -Emissionen
	Aguilera, Guzmán, & Alonso, 2015ab	Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich, 2012	Ponisio, et al., 2015	Haas & Köpke, 1994
Sonstige Pflanzliche Erzeugnisse	$x * 0,58$ (Getreide) $x * 0,84$ (Hülsenfrüchte) $x * 1,95$ (Reis) $x * 0,89$ (Nüsse) $x * 0,68$ (Mittelerwert)	$x - (x * 0,15)$	$x + (x * 0,19)$	$x * 0,69$

X stellt den Wert im konventionellen Anbau dar (zusammengestellt aus Aguilera, Guzmán, & Alonso, 2014; Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich, 2012; Ponisio, et al., 2015; Haas & Köpke, 1994).

Tabelle IV-12: Umweltwirkungen des ökologischen Anbaus sonstiger pflanzlicher Erzeugnisse.

Ökologisch	THG-Emissionen in kg	Wasserentnahme in Liter	Flächenverbrauch in m ²	NH ₃ -Emissionen in g
Getreide	0,29	182	7,760	0,48
Hafer	0,22	145	4,862	0,48
Roggen	0,22	20	4,039	0,48
Gerste	0,25	63	3,947	0,48
Weizen	0,30	274	3,505	0,48
Hirse	0,29	46	13,587	0,48
Quinoa	0,67	182	14,612	0,48
Reis	4,06	273	2,689	0,48
Mais	0,27	65	2,151	0,48
Hülsenfrüchte	0,43	147	1,929	0,48
Bohnen	0,36	106	14,368	0,48
Erdnüsse	0,69	128	7,342	0,48
Soja	0,41	60	4,336	0,48
Soja-Milch	0,63	105	4,336	0,48
Linsen	0,86	416	10,733	0,48

Kichererbsen	0,64	190	12,198	0,48
Erbsen	0,32	28	6,217	0,48
Nüsse	1,18	1162	8,831	0,48
Cashew	1,41	783	18,653	0,48
Walnüsse	1,48	1104	3,547	0,48
Pistazien	1,50	6462	8,556	0,48
Mandeln	1,51	1622	10,643	0,48
Haselnüsse	0,95	927	8,268	0,48
Kokosnuss	0,44	1,7	2,506	0,48
Mandel-/Kokosmilch	0,41	1,7	2,506	0,48
Gewürze	0,80	632	5,079	0,48
Knoblauch	0,39	69	0,693	0,48
Ingwer	0,60	34	1,515	0,48
Senfsamen	1,42	0,9	13,526	0,48
Vanillebohnen	0,80	33191	149,833	0,48
Zimt	0,80	35	15,692	0,48
Nelken	0,80	26	47,382	0,48
Muskat/Kardamom	0,80	2230	38,092	0,48
Anis/Koriander	0,80	1585	13,386	0,48
Pfefferminz	0,80	54	0,480	0,48
Zucker	0,23	44	1,553	0,48
Zuckerrohr	0,34	48	0,175	0,48
Zuckerrübe	0,12	22	0,201	0,48
Öle	2,31	187	4,509	0,48
Palmöl	2,31	0,9	4,509	0,48
Sonnenblumenöl	2,31	126	6,861	0,48
Rapsöl	2,31	196	5,640	0,48
Sesamöl	2,31	1006	22,336	0,48
Kokosöl	2,31	2,6	4,509	0,48
Sonstiges				
Kaffee, geröstet	0,41	118	14,564	0,48
Kakaopulver	0,41	2,6	27,956	0,48
Schokolade	0,41	168	27,956	0,48
Grüntee/Schwarztee	0,41	763	8,268	0,48
Hopfen (Zapfen)	0,34	229	7,652	0,48

Daten beziehen sich auf 1 kg des jeweiligen Produkts. (zusammengestellt aus Clune, Crossin, & Verghese, 2016; Mekonnen & Hoekstra, 2011; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019; Meier, 2014; Aguilera, Guzmán, & Alonso, 2014; Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich, 2012; Ponisio, et al., 2015; Haas & Köpke, 1994)

IV.2.1.3 Fleisch

IV.2.1.3.1 Konventionelle Produktion

Die verwendeten Werte für die Emissionen klimarelevanter Treibhausgase in CO₂-Äquivalenten stammen aus einer Review-Studie von Clune et al. (2016), welche verschiedene Fleischsorten bilanziert haben.

Die verwendeten Werte für die Blauwasserentnahme stammen aus der Studie von Mekonnen & Hoekstra (2012), wobei der Wert für Hähnchenfleisch ebenfalls für Ente und Pute verwendet wurde.

Daten zum Flächenverbrauch von Fleischproduktion wurden einer Studie von Nijdam, Rood, & Westhoek (2012) entnommen. Auch hier wird ein Wert für Geflügel für Ente, Pute und Hähnchen verwendet.

Eine Studie von Misselbrook et al. (2000) gibt Aufschluss über die NH₃-Emissionen pro Tier und Jahr in Großbritannien (siehe Tabelle IV-13).

Tabelle IV-13: Stickstoffausscheidung und Emissionen von NH₃-N.

	N Ausscheidung (kg N pro Tier und Jahr)	NH₃-N Emission in % des gesamten N	NH₃-N Emission (kg N pro Tier und Jahr)
Rind	51	11	5,61
Schwein	11	36	3,96
Masthähnchen	0,8	24	0,192
Schaf	12	5	0,6

Stickstoff in kg N pro Tier und Jahr und NH₃ Emissionen als % der gesamten Stickstoffausscheidung für unterschiedliche Vieharten (Misselbrook, et al., 2000).

Diese Werte lassen sich mit Daten aus Mekonnen & Hoekstra (2012) verknüpfen, die Aufschluss geben über das durchschnittliche Gewicht der verschiedenen Tiere am Ende der jeweiligen Lebenszeit und die durchschnittliche Lebenszeit der Tiere in Jahren (siehe Tabelle IV-14).

Tabelle IV-14: Durchschnittliches Gewicht am Ende der Lebenszeit und durchschnittliche Lebensdauer verschiedener Vieharten.

	Durchschnittliches Gewicht am Lebensende (kg)	Durchschnittliche Lebenszeit (Jahren)
Rind	253	3
Schwein	102	0,75
Masthähnchen	1,9	0,25
Schaf	24,6	2,1

(Mekonnen & Hoekstra, 2012).

Die NH₃-Emissionen pro Tier und Jahr (Misselbrook, et al., 2000) werden mit der durchschnittlichen Lebensdauer in Jahren (Mekonnen & Hoekstra, 2012) multipliziert und anschließend durch das durchschnittliche Schlachtgewicht (Mekonnen & Hoekstra, 2012) geteilt, um einen Wert von NH₃-Emissionen pro kg Fleischprodukt zu erhalten (siehe Tabelle IV-15).

Tabelle IV-15: Umweltwirkungen der konventionellen Fleischproduktion.

Konventionell	THG- Emissionen in kg	Wasserentnahme in Liter	Flächenverbrauch in m²	NH₃-Emissionen in g
Ente	3,09	313	8,0	25,26
Huhn	3,65	313	8,0	25,26
Truthahn/Pute	7,17	313	8,0	25,26
Schwein	5,74	459	15,0	29,12
Schaf/Lamm	25,58	522	33,0	51,22

Rind	26,61	550	420,0	66,52
------	-------	-----	-------	-------

Daten beziehen sich auf 1 kg des jeweiligen Produkts (zusammengestellt und berechnet aus Clune, Crossin, & Vergheze (2016); Mekonnen & Hoekstra (2012); Nijdam, Rood, & Westhoek (2012); Misselbrook et al. (2000))

IV.2.1.3.2 Ökologische Produktion

Bei der ökologischen Fleischproduktion ist der CO₂-Ausstoß geringer, der Flächenverbrauch dagegen höher (Meier, et al., 2015). Die Werte des Verhältnis zwischen ökologischer und konventioneller Produktion (siehe Tabelle IV-16) wurde auf die Daten zu Flächenverbrauch und Treibhausgasemissionen bei konventioneller Produktion angewandt. Der Wert für Geflügel wurde für Hähnchen-, Enten- und Putenfleisch verwendet. Da kein Verhältnis für Lamm- bzw. Hammelfleisch bei Meier et al. (2015) angegeben ist, wurde hierfür der Mittelwert der anderen drei Fleischkategorien verwendet.

Tabelle IV-16: Relative Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Produktion von Fleisch per Produktionseinheit.

Verhältnis: ökologisch zu konventionell	Rind	Schwein	Geflügel
In Bezug auf Landnutzung	127%	173%	219%
In Bezug auf Klimaerwärmungspotential	85%	89%	76%

Daten stammen aus der Review-Studie von Meier et al. (2015), wobei immer die geringsten Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Produktion verwendet wurden, wenn mehrere Daten vorhanden waren.

Zu der Wasserentnahme bei ökologischer Fleischproduktion liegen keine Daten vor. Aus diesem Grund wurde der Vergleich unterschiedlicher Produktionssysteme ‚industrial‘ und ‚grazing‘ herangezogen, der in einer Studie (Gerbens-Leenes, Mekonnen, & Hokstra, 2011) behandelt wird. Auch wenn die aktuellen Bio-Standards nicht das bloße Weiden der Tiere als Fütterung voraussetzen, wurde die Annahme getroffen, dass ein ‚grazing‘-Produktionssystem der ökologischen Produktion am nächsten kommt. Das Verhältnis des Wasserfußabdrucks von ‚grazing‘ zu ‚industrial‘ (siehe Tabelle IV-17) wurde als Verhältnis von biologisch zu konventionell angesehen und so auf den konventionellen Wasserverbrauch übertragen (siehe

Tabelle IV-18). Das Verhältnis von Geflügelfleisch aus Tabelle IV-17 wurde für Hähnchen-, Enten- und Putenfleisch verwendet. Da kein spezielles Verhältnis für Lamm- bzw. Hammelfleisch bei Gerbens-Leenes et al. (2011) angegeben ist, wurde hierfür der Mittelwert der anderen Fleischkategorien verwendet.

Tabelle IV-17: Blauer Wasserfußabdruck [l/kg] (globaler Durchschnitt) von Geflügel-, Schweine- und Rindfleisch, nach Produktionssystemen.

Produktionssystem				Verhältnis: Weidegang : Industriell
Fleischart	Weidegang	Gemischt	Industriell	
Geflügel	734	348	210	349,52%
Schwein	431	435	487	88,50%
Rind	465	508	683	68,08%

‚grazing‘=Weidegang, ‚industrial‘=Industriell und ‚mixed‘=Gemischt (nach Gerbens-Leenes, Mekonnen, & Hokstra, 2011)

Eine Vergleichsstudie der NH₃-Emissionen von konventionell und ökologisch produzierten Masthähnchen in den Niederlanden (Bokkers & de Boer, 2009) hat zum Ergebnis,

dass die ökologische Produktion 51 % mehr NH_3 pro kg Hähnchenfleisch ausstößt, als die konventionelle. Dieser Prozentsatz wird mit den Daten der konventionellen Produktion verrechnet (siehe

Tabelle IV-18). Obwohl anzunehmen ist, dass sich dieses Verhältnis je nach Tierart unterscheiden kann, wird der Wert für Masthähnchen für alle Fleischsorten verwendet.

Tabelle IV-18: Umweltwirkungen der ökologischen Fleischproduktion.

Ökologisch	THG- Emissionen in kg	Wasserentnahme in Liter	Flächenverbrauch in m ²	NH ₃ -Emissionen in g
Ente	2,35	1094	17,5	38,15
Hühnchen	2,77	1094	17,5	38,15
Truthahn/Pute	5,45	1094	17,5	38,15
Schwein	5,11	406	26,0	43,97
Schaf/Lamm	7,66	813	122,4	77,34
Rind	22,62	374	533,4	100,45

Daten beziehen sich auf 1 kg des jeweiligen Produkts (zusammengestellt und berechnet aus Clune, Crossin, & Verghese (2016); Mekonnen & Hoekstra (2012); Nijdam, Rood, & Westhoek (2012); Misselbrook et al. (2000))

IV.2.1.4 Eier

IV.2.1.4.1 Konventionelle Produktion

Wie bei den Umweltwirkungen der Fleischproduktion stammen die verwendeten Werte für die Emissionen klimarelevanter Treibhausgase in CO_2 -Äquivalenten aus der Review-Studie von Clune et al. (2016). Die verwendeten Werte für die Blauwasserentnahme stammen aus der Studie von Mekonnen & Hoekstra (2012). Daten zum Flächenverbrauch der Eierproduktion wurden einer Studie von Nijdam, Rood, & Westhoek (2012) entnommen.

Bezüglich der Ammoniak-Emissionen bei der Eierproduktion gibt eine US-amerikanische Studie von Liang et al. (2005) Aufschluss. Berechnet man den Mittelwert aus den 18 verschiedenen einzelnen Studienergebnissen, kommt man auf durchschnittlich 174,46 g NH_3 -Emission pro Tag pro *AnimalUnit* (Liang, et al., 2005). Eine solche Tiereinheit ist definiert als 500 kg Lebendgewicht. Wenn man ein Standard-Legehennengewicht von 2 kg pro Tier annimmt, ergibt sich der Wert von 0,70 g NH_3 -Emission pro Henne und Tag. Das deutsche Bundeszentrum für Ernährung gibt an, dass im Jahr 2017 45,7 Millionen Hennen in Deutschland im Durchschnitt jeweils 292 Eier legten (Bundeszentrum für Ernährung (BZfE), 2019). Daraus lässt sich errechnen, dass jede deutsche Legehennen im Schnitt am Tag 0,8 Eier legt.

Diese Angabe wiederum ergibt multipliziert mit dem Wert von 0,70 g NH_3 -Emission pro Henne und Tag den Wert von 0,56 g NH_3 -Emission pro Ei.

Innerhalb der verschiedenen Gewichtsklassen, je nach Güteklasse von Eiern (Bundeszentrum für Ernährung (BZfE), 2019) ist die mittlere Eiergröße M als 53 g bis 63 g klassifiziert. Deshalb wird angenommen, dass ein Ei im Durchschnitt 58 g schwer ist. Somit kann man annehmen, dass 1 kg Eier circa 17,24 Stück (1000 g/ 58 g) entsprechen.

Verrechnet man diesen Wert für das Gewicht von 1 kg Eier mit dem NH₃-Emissionswert pro Ei, ergibt sich ein durchschnittlicher Wert von 9,63 g NH₃-Emissionen pro 1 kg Eier (siehe

Tabelle IV-19).

Tabelle IV-19: Umweltwirkungen der konventionellen Eierproduktion.

Konventionell	THG-Emissionen in kg	Wasserentnahme in Liter	Flächenverbrauch in m ²	NH ₃ -Emissionen in g
Eier	3,46	2,44	7	9,63

Bezogen auf 1 kg Hühnereier (zusammengestellt und berechnet aus Clune, Crossin, & Verghese (2016); Mekonnen & Hoekstra (2012); Nijdam, Rood, & Westhoek (2012); Liang, et al. (2005))

IV.2.1.4.2 Ökologische Produktion

Anders als bei der Fleischproduktion wird bei der ökologischen Eierproduktion sowohl der CO₂-Ausstoß als auch der Flächenverbrauch deutlich höher eingeschätzt als bei der konventionellen Produktion (Meier, et al., 2015). So wird ein Verhältnis zwischen ökologischer und konventioneller Produktion von 423 % in Bezug auf Flächenverbrauch und 117 % in Bezug auf Treibhausgasemissionen angenommen (siehe Tabelle IV-20). Diese Verhältnisse wurden auf die Daten zum Flächenverbrauch und Treibhausgasemissionen bei konventioneller Produktion angewandt.

Tabelle IV-20: Relative Unterschiede zwischen ökologischer und konventioneller Produktion von Hühnereiern per Produktionseinheit.

Verhältnis: ökologisch zu konventionell	Eier
In Bezug auf Landnutzung	423%
In Bezug auf Klimaerwärmungspotential	117%

Daten stammen aus der Review-Studie von Meier et al. (2015).

Zu der Wasserentnahme bei ökologischer Eierzeugung liegen bislang keinerlei Daten vor, weshalb die gleiche Menge an Wasserentnahme angenommen wird, wie bei der konventionellen Produktion.

Auch für die NH₃-Emissionsunterschiede bei der biologischen Eierproduktion sind wenig Daten verfügbar. Daher wird derselbe Prozentsatz von 51 % mehr NH₃-Emissionen bei ökologischer Eierproduktion im Vergleich zur konventionellen Produktion angenommen (siehe IV.2.1.4.1), wie bei Masthähnchen in den Niederlanden (Bokkers & de Boer, 2009). Allerdings ist davon auszugehen, dass sich Masthähnchen und Legehennen in der Hinsicht nicht vergleichen lassen, zumal es bei Masthähnchen auf kg Fleisch gerechnet wurde und bei Legehennen der Wert pro kg Ei angegeben werden soll.

Tabelle IV-21: Umweltwirkungen der ökologischen Eierproduktion.

Ökologisch	THG-Emissionen in kg	Wasserentnahme in Liter	Flächenverbrauch in m ²	NH ₃ -Emissionen in g
Eier	4,05	2,44	29,6	14,53

Bezogen auf 1 kg Hühnereier. (zusammengestellt und berechnet aus Clune, Crossin, & Verghese (2016); Mekonnen & Hoekstra (2012); Nijdam, Rood, & Westhoek (2012); Liang, et al. (2005); Meier, et al. (2015); Bokkers & de Boer (2009))

IV.2.1.5 Milchprodukte

IV.2.1.5.1 Konventionelle Produktion

In diesem Datensatz beinhaltet die Gruppe der Milchprodukte Milch, Sahne, Joghurt, Käse und Butter. Immer dann, wenn ein Wert für ein bestimmtes Milchprodukt nicht vorhanden ist, wurde ersatzweise der Wert für Milch verwendet, auch wenn durch die Verarbeitung von Milch die Umweltauswirkungen natürlich in allen Belangen steigen. Dies ist vor allem dadurch bedingt, dass die Umweltwirkungen auf 1 kg Produkt bezogen sind und für die Herstellung von einem Kilogramm Butter fast 20 l Rohmilch verwendet werden.

Wie bei den Umweltwirkungen der anderen Produkte tierischen Ursprungs stammen die verwendeten Werte für die Emissionen klimarelevanter Treibhausgase in CO₂-Äquivalenten aus der Review-Studie von Clune et al. (2016). Die verwendeten Werte für die Blauwasserentnahme stammen aus der Studie von Mekonnen & Hoekstra (2012). Der Wert für den Flächenverbrauch der Produktion von Milch wurden einer Studie von Yan, Humphreys, & Holden (2013) entnommen, die kommerzielle Milchproduktionsbetriebe in Irland untersuchten. Da in dieser Studie nur ein Wert für Milch vorliegt, nicht aber für weitere Milchprodukte, wurden die weiteren Werte aus der Bilanzierung von Meier (2014) entnommen. Aufgrund unzureichender Vergleichsdaten stammen auch die Werte der NH₃-Emissionen von Meier (2014) (siehe Tabelle IV-22).

Tabelle IV-22: Umweltwirkungen der konventionellen Produktion von Milchprodukten.

Konventionell	THG-Emissionen in kg	Wasserentnahme in Liter	Flächenverbrauch in m ²	NH ₃ -Emissionen in g
Milch	1,29	86,00	1,22	5,70
Joghurt	1,31	86,00	3,10	12,30
Käse	8,55	439,00	9,90	39,40
Sahne	5,64	86,00	3,10	12,30
Butter	9,25	465,00	20,70	82,40

Bezogen auf 1 kg des jeweiligen Produkts (zusammengestellt und berechnet aus Clune, Crossin, & Verghese (2016); Mekonnen & Hoekstra (2012); Yan, Humphreys, & Holden (2013); Meier T. (2014))

IV.2.1.5.2 Ökologische Produktion

Die Datenlage zu den Umweltwirkungen der Milcherzeugung bei ökologischer Landwirtschaft gestaltet sich schwierig. Eine niederländische Studie von Thomassen, van Calker, Smits, Iepema, & de Boer (2008) verglich die organische mit der konventionellen Produktion von Milch. Aus den zwei unterschiedlichen Emissionen von Treibhausgasen und dem Flächenverbrauch von ökologisch- und konventionell-produzierter Milch wurde das Verhältnis berechnet. Ökologisch erzeugte Milch verbraucht demnach 38 % mehr Fläche und stößt 7 % mehr Treibhausgase aus als konventionell erzeugte Milch. Dieses Verhältnis wurde auf die vorhandenen Werte der konventionell produzierten Milch (siehe Tabelle IV-22) angewandt. Hierbei wurde das Verhältnis von ökologischer und konventioneller Milch auch auf alle anderen Milchprodukte angewandt. Da bisher keine Daten zu einer höheren oder geringeren Wasserentnahme und NH₃-Emission bei ökologischer Milchproduktion im Vergleich zur konventionellen vorliegen, wird der Unterschied als nicht existent angenommen.

Tabelle IV-23: Umweltwirkungen der ökologischen Produktion von Milchprodukten.

Ökologisch	THG-Emissionen in kg	Wasserentnahme in Liter	Flächenverbrauch in m ²	NH ₃ -Emissionen in g
Milch	1,38	86,00	1,69	5,70
Joghurt	1,40	86,00	4,29	12,30
Käse	9,16	439,00	13,71	39,40
Sahne	6,04	86,00	4,29	12,30
Butter	9,91	465,00	28,66	82,40

Bezogen auf 1 kg des jeweiligen Produkts (zusammengestellt und berechnet aus Clune, Crossin, & Verghese (2016); Mekonnen & Hoekstra (2012); Yan, Humphreys, & Holden (2013); Meier T. (2014); Thomassen, van Calster, Smits, Iepema, & de Boer (2008))

IV.2.1.6 Fisch

Die Datenlage zu den Umweltwirkungen von Fisch und Meeresfrüchten ist nicht so gut, wie dies bei anderen tierischen Produkten der Fall ist.

Die verwendeten Werte für die Emission klimarelevanter Treibhausgase in CO₂-Äquivalenten stammen aus einer Review-Studie von Clune et al. (2016), die verschiedene Fischarten bilanziert haben. In einer Review-Studie von Nijdam, Rood, & Westhoek (2012) wird deutlich, dass bei einer Produktion in Aquakulturen teilweise weniger Treibhausgase ausgestoßen werden, als beim Freifang. Der Grund dafür ist, dass Emissionen wegfallen, die zum Beispiel vom Schifftreibstoff, den Abgasen oder dem Energieverbrauch für die Kühlung auf dem Schiff verursacht werden. Andererseits können die Emissionen aufgrund des Anbaus von Futtermitteln in Aquakulturen auch höher sein, als beim Freifang. Die angegebenen Werte der gereviewten Studien reichen von 1 – 86 kg CO₂-Äquivalenten pro kg für Fangfisch und 3 – 15 kg CO₂-Äquivalenten pro kg für Fisch aus Aquakulturen. Die große Varianz bei Fisch und Meeresfrüchten in Aquakulturen ergibt sich aus den unterschiedlichen Futteranforderungen. So benötigen Muscheln gar keine Fütterung, omnivore Arten vorwiegend vegetarische Fütterung und carnivore Fischarten wie Steinbutt, Forelle oder Shrimps, benötigen dagegen stark proteinreiches Futter und ihre Haltung ist energieintensiv. Der jeweilige Aufwand bzw. Umfang der Verarbeitung hat jedoch den größten Einfluss auf die Höhe der Treibhausgasemissionen.

Aufgrund geringer Vergleichswerte werden die CO₂-Emissionen von Fisch und Meeresfrüchten aus Aquakultur mit denen des Fangfischs gleichgesetzt.

Beim Fang von Fisch findet keine Wasserentnahme statt, wenn sich nur auf ‚blaues‘ Wasser bezogen wird. Für Fangfisch ist die Wasserentnahme also gleich 0,0 l. Bei Fisch aus Aquakultur werden Futtermittel benötigt, die zum Teil aus Fischmehl bestehen, zum Teil aber auch zuvor landwirtschaftlich angebaut werden müssen (bei vegetarischem Futter oder fleischlichem Futter).

Deshalb wird bei Fischen und Meeresfrüchten aus Aquakultur im Gegensatz zu Fangfisch sowohl Wasser entnommen, als auch Landfläche verbraucht. Der Blauwasserverbrauch beläuft sich durchschnittlich auf 179 l pro kg Produkt (Pahlow, van Oel, Mekonnen, & Hoekstra, 2015). Der Verbrauch von Landfläche beläuft sich auf durchschnittlich auf 4 m² (zwischen 2 m² und 6 m²) pro kg Fisch-/Meeresfrüchte-Produkt aus Aquakultur (Nijdam, Rood, & Westhoek, 2012).

Die FAO (2018) gibt an, dass im Jahr 2016 von den 170,9 Millionen Tonnen produziertem Fisch und Meeresfrüchten, 90,9 Millionen Tonnen aus Freifang und 80 Millionen Tonnen aus Aquakultur stammten. Dies ergibt einen globalen Anteil an Aquakulturen von 46,81 %.

Ist unbekannt, ob der Fisch oder die Meeresfrüchte aus Aquakultur stammen oder nicht, werden die Werte für Wasserentnahme und Flächenverbrauch von Aquakultur mit dem Anteil von 46,81 % multipliziert, um einen durchschnittlichen Wert zu erhalten.

Toni Meier (2014) gibt einen Wert für Ammoniakemissionen von 0,2 kg pro kg Fischprodukt an. Dieser Wert wird für Fisch in Aquakultur angenommen, da nicht bekannt ist, ob gefangener Fisch ebenfalls Ammoniakemissionen verursacht. Wenn unbekannt ist, ob das Fisch- oder Meeresfruchtprodukt gefangen wurde oder aus Aquakultur stammt, wird dies ebenfalls mit dem globalen Anteil von Aquakulturen (46,81 %) multipliziert.

Tabelle IV-24: Umweltwirkungen der Produktion von Fisch und Meeresfrüchten.

	THG-Emissionen in kg	Wasserentnahme in Liter	Flächenverbrauch in m ²	NH ₃ -Emissionen in g
Fisch (unspezifisch)	3,49	83,79	1,9	0,09
Fisch (Fang)	3,49	0	0	0
Fisch (Aquakultur)	3,49	179	4,0	0,2
Sardine	1,1	83,79	1,9	0,09
Hering	1,16	83,79	1,9	0,09
Seelachs	1,6	83,79	1,9	0,09
Karpfen	1,76	83,79	1,9	0,09
Makrele	1,8	83,79	1,9	0,09
Thunfisch	2,15	83,79	1,9	0,09
Rotzunge/Weißling	2,66	83,79	1,9	0,09
Seebarsch	3,27	83,79	1,9	0,09
Schellfisch	3,41	83,79	1,9	0,09
Lachs	3,47	83,79	1,9	0,09
Kabeljau	3,51	83,79	1,9	0,09
Aal	3,88	83,79	1,9	0,09
Forelle	4,2	83,79	1,9	0,09
Lengfisch	6,45	83,79	1,9	0,09
Seebrasse	6,63	83,79	1,9	0,09
Rotbarsch u.ä.	6,94	83,79	1,9	0,09
Krake/Tintenfisch	7,13	83,79	1,9	0,09
Diamantfisch	8,33	83,79	1,9	0,09
Glattbutt	8,41	83,79	1,9	0,09
Seehecht	9,77	83,79	1,9	0,09
Heringshai	11,44	83,79	1,9	0,09
Makohai	11,5	83,79	1,9	0,09
Armflorser	12,29	83,79	1,9	0,09
Schwertfisch	12,84	83,79	1,9	0,09
Flügelbutt	14,15	83,79	1,9	0,09
Steinbutt	14,51	83,79	1,9	0,09

Seezunge	20,86	83,79	1,9	0,09
Garnelen/Shrimps	7,8	83,79	1,9	0,09
Muscheln	9,51	83,79	1,9	0,09
Hummer	27,8	83,79	1,9	0,09

Bezogen auf 1 kg des jeweiligen Produkts. (Zusammengestellt und berechnet aus Clune, Crossin, & Verghese (2016); Pahlow, van Oel, Mekonnen, & Hoekstra (2015); Nijdam, Rood, & Westhoek (2012); Meier (2014))

IV.2.2 Transport von Lebensmitteln

Nach der Produktion der Lebensmittel werden diese an den Zielort in Deutschland transportiert.

Der Transport setzt sich dabei aus drei Bestandteilen zusammen: zuerst werden im Herkunftsland (das auch Deutschland sein kann) Lebensmittel von den Entstehungsorten und Bauernhöfen (können auch mehrere sein), bis zum nächsten Hafen transportiert. Anschließend folgt der Transport per Schiff vom Hafen bis zu einem deutschen Zielhafen. Die dritte Komponente ist der Transport von dem deutschen Hafen bis zum Zielort (Gastronomiebetrieb).

IV.2.2.1 Transport in Deutschland

Im ersten Schritt muss die durchschnittliche Nutzung eines bestimmten Transportmittels ermittelt werden. Das am häufigsten verwendete Transportmittel in Deutschland ist der LKW. Dieses geht aus Zahlen des Kraftfahrzeugbundesamtes (Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), 2016) hervor (siehe Tabelle IV-25). Die folgende Tabelle zeigt die Güterbeförderung in Deutschland in Mio. Tonnenkilometern. Um den anteiligen Wert jedes einzelnen Transportmittels zu berechnen, werden die gefahrenen Kilometer jedes einzelnen Transportmittels durch die Summe der mit Eisenbahn, Binnenschiffen und Lastkraftwagen gefahrenen Strecken geteilt. Man erhält den Faktor α , der sich nun in den weiteren Schritten verwenden lässt.

Tabelle IV-25: Durchschnittliche Transportmittel in Deutschland.

Güterabteilung	Eisenbahn	Binnenschifffahrt	Straßenverkehr inländischer Lastkraftwagen	Summe
Nahrungs- und Genussmittel (Mio. tkm)	1 154	2.387	53.367	58.743
Anteilig	2,5 %	4,5 %	93 %	100 %
Formelzeichen	$\alpha_{\text{Zug}} = 0,025$	$\alpha_{\text{Schiff}} = 0,045$	$\alpha_{\text{LKW}} = 0,93$	$\alpha = 1$

(Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), 2016)

Die zurückgelegten Distanzen für Lebensmittel in Deutschland liegen laut Tabelle IV-25: Durchschnittliche Transportmittel in Deutschland.

bei Nahrungs- und Genussmitteln bei 58.743 Mio. Tonnenkilometern. Wenn man diese Zahl durch die beförderte Menge aus Tabelle IV-26: Durchschnittliche Transportdistanzen in km. (335.529.000 Tonnen) dividiert, ergibt sich eine durchschnittliche in Deutschland für Lebensmittel zurückgelegte Distanz von 175,08 Kilometern.

Tabelle IV-26: Durchschnittliche Transportdistanzen in km.

Güterabteilung	Eisenbahn	Binnenschifffahrt	Straßenverkehr inländischer Lastkraftwagen	Summe
Nahrungs- und Genussmittel (Tonnen)	2.444.000	8.475.000	324.610.000	335.529.000
Durchschnitt in km (TD)	175,08			

(Kraftfahrzeugbundesamt (KFB), 2016)

Allerdings gilt es noch zu beantworten, was für ein LKW-Typ (Größe) üblicherweise Lebensmittel transportiert. Mit einem vertretbaren Rechercheaufwand lassen sich keine Informationen dazu ermitteln. Deswegen wird für diesen Wert eine Annahme getroffen.

In GEMIS (IINAS, 2019) wird für einen Datensatz, der in der Software mit dem Transport von Lebensmitteln verknüpft ist, die Annahme von 9,8 Tonnen Kapazität getroffen. Das entspricht am ehesten einem schweren LKW mit einem Gesamtgewicht von 28 Tonnen und einer Kapazität von 10.560 kg.

Es ergeben sich die folgenden Zahlen (basierend auf Kapitel IV):

Tabelle IV-27: Vergleich verschiedener Transportmittel.

	Eisenbahn	Binnenschifffahrt	Straßenverkehr inländischer Lastkraftwagen	Summe
Anteilig	0,025	0,045	0,93	1
Zurückgelegte Distanz in km	4,377	7,8786	162,8244	175,08
Besetzungsgrad Tonnen pro Fzg.	263	1575	10,56	
Faktor für Treibhausgase (Quelle: Methodenkonvention) in €/Fzg.	0	6,64 €	0,1153	
Anpassungsfaktor für das Jahr 2020	1,11154032	1,11154032	1,11154032	
Ergebnis Treibhausgase in Euro pro tkm	0	0,036903328	1,976105362	2,01300869
Faktor für Luftschadstoffe (Quelle: Methodenkonvention) in €/Fzg.	0,0077	11,5669	0,0295	
Anpassungsfaktor für das Jahr 2020	1,0692	1,0692	1,0692	
Ergebnis Luftschadstoffe in Euro pro tkm	0,000137016	0,061864916	0,48633613	0,54833806
Ergebnis gesamt in Euro pro tkm				2,56134675

Der innerhalb von Deutschland stattfindende Gütertransport wird deshalb auf 2,56 Euro pro Tonne zu transportierendes Gut festgelegt.

IV.2.2.2 Transport, Herkunftsland

Für den Transport im Herkunftsland dient die zurückgelegte Distanz innerhalb von Deutschland von 175,08 km als Ausgangsgröße. Da es zu zeitaufwändig wäre, für jedes Land der Welt einen solchen Wert zu recherchieren, werden die Transportdistanzen in dem Herkunftsland mithilfe eines Gewichtungsfaktors berechnet.

Die Fläche eines Landes kann ein grober Indikator für die zurückzulegenden Distanzen sein. In größeren Ländern, müssen Lebensmittel auf längeren Strecken transportiert werden, als in kleinen Ländern. Für Länderflächen liegen umfangreiche Daten vor (Central Intelligence Agency [U.S.], 2018)

Der Gewichtungsfaktor wird berechnet, indem die Fläche von Deutschland (357.022,00 km²) durch die durchschnittliche Transportdistanz von 175,08 km geteilt wird. Es entsteht der Faktor $f=2041.27 \text{ km}^2/\text{km}$. Anschließend wird die Fläche jedes einzelnen Landes durch diesen Faktor f geteilt und es entsteht eine Transport-Distanz für jedes Land der Welt, das zumindest annähernd größere Transportdistanzen in größeren Ländern und kürzere Distanzen in kleineren Ländern widerspiegelt.

Auch für die Transportmittel liegen keine Daten vor, es wird deswegen, wie bereits für Deutschland, für jedes Land ein Datensatz für einen LKW als Transportmittel angenommen. Im Gegensatz zu Deutschland wird es allerdings als einziges Transportmittel angenommen, Züge und Schiffe spielen hier keine Rolle.

Für die Berechnung der Luftschadstoffe funktioniert dieser Faktor nicht. Der Wert muss in einem späteren Schritt (siehe Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) an einzelne Länder angepasst werden. Für die spätere Berechnung ist es wichtig zu verstehen wie sich (ungefähr) die bei einem LKW entstehenden Emissionen zusammensetzen. Aus Konsistenzgründen werden (wie in der Methodenkonvention) die Werte für die folgenden fünf Substanzen berechnet. Die Daten stammen aus der ProBas-Datenbank (Umweltbundesamt, 2018) und beziehen sich auf einen Tonnenkilometer.

Tabelle IV-28: Ausstoß verschiedener Substanzen.

Land	NH ₃ [kg]	Nox [kg]	SO ₂ [kg]	PM10 [kg]	NM VOC [kg]	Summe [kg]
LKW oder Lastzug	0,000000282	0,000372	0,000000263	0,00000652	0,0000215	0,00040057
Anteilig	0,07%	92,87%	0,07%	1,63%	5,37%	

IV.2.2.3 Transport, international

Der internationale Transport, d.h. der Transport vom Herkunftsland nach Deutschland, kann theoretisch mit den Transportmitteln Schiff, Flugzeug und – sofern eine Landverbindung besteht – via LKW erfolgen.

Laut der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (o.J.) ist das wichtigste Verkehrsmittel für Distanzen in der EU im Obst- und Gemüse-Transport der LKW. Deshalb wird für alle internationalen Transporte von einem EU-Land nach Deutschland ein LKW-Transport angenommen, auch wenn dies aus z.B. Irland nicht möglich ist.

Die Verbraucherzentralen melden (2010), dass weniger als 1 % der Obstimporte aus Drittländern auf dem Luftweg transportiert wurden, etwa 92 % Deutschland per Schiff erreichten und 7 % über den Straßenverkehr. Bei den Gemüseimporten aus Drittländern gelangten 5 % auf dem Luftweg nach Deutschland, 80 % auf dem Seeweg und 15 % per LKW.

Diese Anteile werden als Durchschnittswert für alle Nicht-EU-Staaten angenommen. Hat ein Herkunftsland keine Landverbindung zu Deutschland ist der LKW-Transport ausgeschlossen und damit werden die LKW-Anteile (Obst 7 %; Gemüse 15 %) auf die zwei anderen Transportarten aufgeteilt (siehe Tabelle IV-29). Der Güterverkehr auf Schienen wird komplett ausgeklammert. Ebenfalls nicht beachtet wird die Komplexität des Warenverkehrs innerhalb Europas. Die Waren, die Deutschland per Schiff erreichen kommen überwiegend in niederländischen Häfen an und werden von dort weiter transportiert. Es wird aber die Annahme getroffen, dass die Waren aus einem Herkunftsland per Schiff direkt einen deutschen Hafen und per Flugzeug direkt einen deutschen Flughafen erreichen und von dort aus nur noch einen innerdeutschen Transport bis zum Zielort vor sich haben.

Tabelle IV-29: Angenommene Anteile der Transportmittel für den internationalen Transport aus einem Herkunftsland nach Deutschland - Obst und Gemüse.

Lebensmittel	Transport	Schiffsfracht	Luftfracht	LKW
Obst	Aus EU			100 %
	Aus Nicht-EU	92 %	1 %	7 %
	Aus Nicht-EU & wenn keine Landverbindung	95,5 %	4,5 %	-
Gemüse	Aus EU			100 %
	Aus Nicht-EU	80 %	5 %	15 %
	Aus Nicht-EU & wenn keine Landverbindung	87,5 %	12,5 %	-

Die Werte der Transportdistanzen aus **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** werden mit den Anteilen der Gütertransportmittel aus Tabelle IV-29 verknüpft und dann mithilfe der Umweltkosten, die pro Tonnenkilometer vorliegen, auf die Distanz und auf 1 kg Obst/Gemüse umgerechnet.

Für einen Standard LKW (28 t) sowie den Luftfrachtverkehr können die Werte der Umweltkosten für Luftschadstoffe und CO₂-Äquivalente direkt aus der Methodenkonvention (Umweltbundesamt, 2018) übernommen werden.

Ein Überseeschiff emittiert pro Tonnenkilometer Luftschadstoffe (25,649489 kg SO₂, 12 kg NO_x, 0,00360 kg NMVOC) und 911,24050 kg CO₂-Äquivalente (IINAS, 2019).

Für die Berechnung der Umweltkosten durch die Treibhausgase und Luftschadstoffe siehe Kapitel II.

IV.2.2.3.1 Überseeschiff

Bei den LKW-Fahrten wird von einer gleichmäßigen Ausbreitung der Emissionen in alle vier Himmelsrichtungen ausgegangen. Außerdem wird davon ausgegangen, dass sich um die Emissionsquelle herum Menschen aufhalten und die gesundheitsschädlichen Luftschadstoffe einatmen.

Bei einem Überseeschiff ist diese Annahme nicht gültig. Zwar zeigen interaktive Karten (UCL Energy Institute, 2012), dass sich Überseeschiffe fast vollständig in Küstennähe aufhalten, aber die Emissionen breiten sich in alle vier Himmelsrichtungen aus. Wenn man von einer linienförmigen Emissionsquelle ausgeht (siehe Abbildung IV-2), gehen etwa die Hälfte der Emissionen in Richtung (beinahe) menschenfreier Ozean und die andere Hälfte an die stark bewohnte Küste.

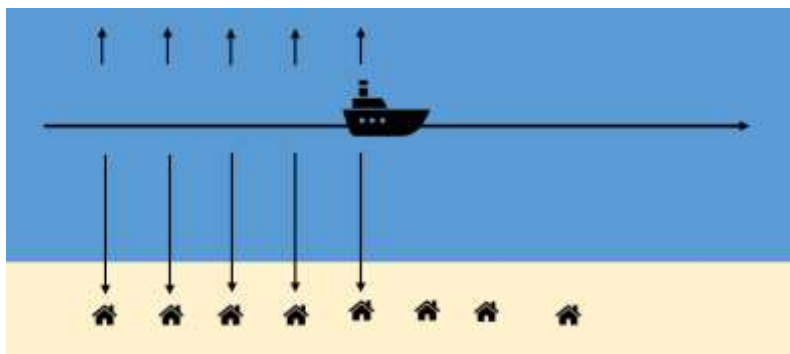


Abbildung IV-2: Emissionen von Überseeschiffahrt an die Küste.

Besonders wichtig für das Modell sind die Küstenbewohner, da diese direkt von den Luftschadstoffen der Überseeschiffe betroffen sind. Leider liegen für diese Gruppe keine Zahlen vor. Deshalb wird anhand von groben Schätzungen (World Ocean Network, 2013; United Nations, 2017) ein Wert von 3,815 Mrd. Küstenbewohnern weltweit angenommen (50 % der Weltbevölkerung). Diese leben auf $1,0202 \times 10^{14} \text{ m}^2$ (20 % der Erdoberfläche), was einer Bevölkerungsdichte von 0,000037 Bewohner pro m^2 entspricht. Dieser Wert ist vergleichbar mit der Bevölkerungsdichte von Mosambik (Central Intelligence Agency [U.S.], 2018). Da Immissionen insbesondere von der Bevölkerungsdichte abhängen, werden die Umweltkosten von Mosambik für den Schiffstransport verwendet.

Die ProBas-Datenbank enthält einen Datensatz für ein Überseeschiff (Container-mittel-2020), der für das Jahr 2020 gültig ist.

Tabelle IV-30: Emissionen für ein Überseeschiff (Container-mittel-2020).

Land	NH3 [kg]	Nox [kg]	SO2 [kg]	PM10 [kg]	NMVOC [kg]	Summe [kg]
Überseeschiff Container mittel 2020	0	0,000263	0,000127		0,0000215	0,00040057
Anteilig	0,07%	92,87%	0,07%	1,63%	5,37%	

IV.2.2.4 Transport-Kühlung

Einige Lebensmittel müssen gekühlt oder gefroren transportiert werden, was einen erhöhten Brenn-/Treibstoffverbrauch nach sich zieht (Tassou, De-Lille, & Ge, 2009).

Tabelle IV-31: Erhöhter Verbrauch an LKW-Brenn-/Treibstoff bei gekühlter und gefrorener Transportware.

Transporttemperatur	Nicht temperiert	Gekühlt	Gefroren
Verbrauch an Brenn-/ Treibstoff	100 %	117,67 %	122,52 %

(Eigene Berechnungen nach (Tassou, De-Lille, & Ge, 2009)).

Die Zahlen stammen aus dem Jahr 2009 (Tassou, De-Lille, & Ge, 2009). Es wurden jegliche Fortschritte hinsichtlich der Kühlungssysteme und eines effizienteren Kraftstoffverbrauchs außer Acht gelassen und angenommen, dass die Werte auch 10 Jahr später noch der Realität entsprechen. Der Energie-Mehrverbrauch für Kühlen und Gefrieren wird unabhängig von der Außentemperatur angenommen. Diese kann jedoch je nach Land und Wetterlage den Energieverbrauch stark beeinflussen. Es wurden Energieverbrauchsunterschiede außer Acht gelassen, die durch die unterschiedlich volle Beladung des gekühlten/gefrorenen Innenraums entstehen. Auch die Anzahl der Ablieferungen/Stopps wurde nicht beachtet: Es wurde der Mittelwert aus 'single-drop' und 'multi-drop' Ablieferung gebildet, ungeachtet dessen, welche Ablieferungsart zu welchem Anteil üblich ist. Es wurde der Durchschnittswert für einen 32 Tonnen LKW benutzt, obwohl Sattelzüge mit über 33 Tonnen den Kühltransport in Großbritannien mit über 80 % bestimmen. Für Deutschland sind keine starken Abweichungen anzunehmen. Der Grund dafür sind umrechnungstechnische Vorteile, weil Umweltkostenwerte aus der Methodenkonvention des Umweltbundesamtes für einen 28 Tonnen-LKW vorliegen, und diese Größe einem 32-Tonnen LKW am nächsten kommt.

Aufgrund unzureichender Vergleichsdaten, werden die Mehrverbrauchs-Prozentwerte des LKW-Transports auch auf den Schiff- und Lufttransport angewandt.

Es wurde nur zwischen 'nicht temperiert', 'gekühlt' und 'gefroren' unterschieden, ungeachtet dessen, dass sich der Energieverbrauch je nach exakter Kühlungs- oder Gefriertemperatur unterscheidet. Für die Berechnung der Umweltkosten soll als Brennstoff Diesel angenommen werden, da in Europa die meisten LKWs oberhalb der Kleintransporter-Größe von 3,5 t mit Dieselmotoren betrieben werden.

Für Obst und Gemüse wird generell eine Kühlungsanforderung beim Transport angenommen, auch wenn manche Obst-/Gemüsesorten nicht gekühlt werden.

V. WAS DANN

Die Datensätze haben das Ziel möglichst vollständig und jeweils in zweifacher Form zu sein. Außerdem sollen sie einfach verständlich sein, mit kurzem zeitlichen und ohne finanziellen Aufwand anwendbar sein, Open Access, anknüpfbar an bestehende

Normen wie das Naturkapitalprotokoll und die Methodenkonvention. Es sollen Handlungsempfehlungen herausgegeben werden und die Datensätze sollen in Deutschland für die Zielgruppe (Hotel- und Gastgewerbe) im Jahr 2020 anwendbar sein.

Die folgende Tabelle gleicht diese Ziele mit den Datensätzen ab.

Teilziel	Erfüllt?
Einfache Sprache	Überwiegend
Exploratives Einarbeiten möglich?	Ja
Kurzer zeitlicher Aufwand	Ja
Ohne finanziellen Aufwand	Ja
Open Access	Teilweise
Vollständig (in zweifacher Form)	Ja
Handlungsempfehlungen	Überwiegend (Restaurant und Hotel)
Deutschland	Ja
Jahr 2020	Ja

Die Datensätze können beliebig kombiniert werden und ergeben mehrere tausend Kombinationsmöglichkeiten. Die Anwendbarkeit wird in drei Kategorien eingeteilt:

1. Die Zuweisung 0 bedeutet, dass das Unternehmen den Datensatz sofort und ohne jegliches Wissen über den eigenen Betrieb verwenden kann. Wenn ein Unternehmen z.B. den eigenen Stromverbrauch nicht kennt, wird eine durchschnittliche Zahl eingesetzt. Dadurch wird ein exploratives Einarbeiten möglich. Eine erste Analyse ist sofort möglich, im zweiten Schritt können dann Daten aus dem eigenen Betrieb mit den Wirkungstreibern verknüpft werden und somit vollständige „eigene“ Naturkapitalbewertungen erstellt werden.
2. Die Zuweisung 1 bedeutet, dass sich der Datensatz nicht ganz ohne Eingaben verwenden lässt. Es werden wenige üblicherweise im Betrieb bekannte Größen benötigt. Dazu zählt z. B. das Gewicht von Lebensmitteln und die Herkunft der Lebensmittel. Auch die Rezepte müssen selber zusammengestellt werden. Im Lebensmittel-Tool sind nur einige Beispielrezepte dargestellt.
3. Die Zuweisung 2 bedeutet, dass der Datensatz weitere umfangreiche Datenerhebungen erfordert. So lassen sich zum Beispiel vollständige Datenerhebungen aus Umweltmanagementsystemen mit den Wirkungstreibern kombinieren und daraus vollständige Naturkapitalbewertungen generieren.

	Anzahl Datensätze	Anwendbarkeit
Wirkungstreiber: Klimawandel	1	2
Wirkungstreiber: Luftschadstoffe	156	2
Wirkungstreiber: Ökosystemleistungen	156	2
Wirkungstreiber: Wasserverbrauch	156	2
Flächen / Anzahl Gäste	2	0
Abfall	8	0
Beleuchtung	8	0

Kühl-/ Gefriereinrichtungen	4	0
Klimaanlage	2	0
Geschirrspülanlage	4	0
Waschen, Trocknen, Bügeln	5	0
Housekeeping	4	0
Körperhygiene	4	0
Heizung	10	0
Warmwasser	12	0
Zubereitung von Speisen	4	0
Lebensmittel	149	1
Bio-Lebensmittel	149	1
Transport von Lebensmitteln	156	1

V.1 Anwendbarkeit: Umweltkostenrechner

Die Datensätze ergeben eine umfangreiche Datenbasis von mehreren tausenden Datensätzen. Für eine bessere Anwendbarkeit und damit die Daten besser sortiert und aufgelistet werden können, werden diese in drei Tools (Umweltkostenrechner Lebensmittel, Umweltkostenrechner Restaurant, Umweltkostenrechner Hotel) dargestellt. Die Datensätze lassen sich miteinander kombinieren, um daraus Erkenntnisse zu generieren. Die folgenden Screenshots zeigen Ausschnitte aus den Tools.

Angaben zum Betrieb			
Ziel der Naturkapitalbewertung	!		unbekannt
Name des Betriebes	!		unbekannt
Anzahl Gäste pro Jahr	!		14632
Ökostrom	!		Nein
Flächen			
Versiegelte Flächen (in m²)	!		258
Naturnahe Flächen (in m²)	!		0
Abfall			
Restmüll (Aufkommen pro Betrieb in kg)	!		117
Biotonne (Aufkommen pro Betrieb in kg)	!		528
Plastik (Aufkommen pro Betrieb in kg)	!		146
Pappe und Papier (Aufkommen pro Betrieb in kg)	!		176
Beleuchtung			
Glühlampen, anteilig in %	!		45%
Halogenlampen, anteilig in %	!		22%
ESL/ Leuchtstoff, anteilig	!		11%
LED, anteilig	!		22%
Kühl-/ Gefriereinrichtungen			
Energieeffiziente Geräte?	!		Nein
Klimaanlage			
Existiert eine Klimaanlage?	!		10%
Geschirrspülanlage			
Energieeffiziente Geräte?	!		Nein
Housekeeping			
Energieeffiziente Geräte?	!		Nein
Körperhygiene			
Spararmaturen	!		Nein
Heizung			
Kohle, anteilig in %	!		0,21%
Gas, anteilig in %	!		49%
Holz, anteilig in %	!		3%
Öl, anteilig in %	!		37%
Fernwärme, anteilig in %	!		11%
Warmwasser			
Strom, anteilig in %	!		11%
Kohle, anteilig in %	!		0%
Gas, anteilig in %	!		43%
Holz, anteilig in %	!		2%
Öl, anteilig in %	!		33%
Fernwärme, anteilig in %	!		10%
Zubereitung von Speisen			
Anteil Gas (z. B. Gasfeld, Gasofen)	!		44%
Anteil Strom (z. B. Geräte wie Mixer)	!		56%
Anteil der Gäste, die nur kalte Speisen bestellen (z. B. Salat)	!		0%
Anteil, der Gäste, die warme Speisen bestellen	!		100%

Abbildung V-1: Eingabe der Daten im Restaurant-Tool

Angaben zum Betrieb			
Ziel der Naturkapitalbewertung	⌵		
Name des Betriebes	⌵		
Anzahl Gäste pro Jahr	⌵		
Ökostrom	⌵		
Flächen			
Versiegelte Flächen (in m²)	⌵		
Naturnahe Flächen (in m²)	⌵		
Abfall			
Restmüll (Aufkommen pro Betrieb in kg)	⌵		
Biotonne (Aufkommen pro Betrieb in kg)	⌵		
Plastik (Aufkommen pro Betrieb in kg)	⌵		
Pappe und Papier (Aufkommen pro Betrieb in kg)	⌵		
Beleuchtung			
Glühlampen, anteilig in %	⌵		
Halogenlampen, anteilig in %	⌵		
ESL/ Leuchtstoff, anteilig	⌵		
LED, anteilig	⌵		
Kühl-/ Gefriereinrichtungen			
Energieeffiziente Geräte?	⌵		
Klimaanlage			
Existiert eine Klimaanlage?	⌵		
Geschirrspülanlage			
Energieeffiziente Geräte?	⌵		
Waschen, Trocknen, Bügeln			
Waschen (in kg, pro Betrieb und Jahr)	⌵		
Waschmaschine: Energieeffizientes Gerät?	⌵		
Trocknen (in kg, pro Betrieb und Jahr)	⌵		
Trockner: Energieeffizientes Gerät?	⌵		
Bügeln (in kg, pro Betrieb und Jahr)	⌵		
Housekeeping			
Energieeffiziente Geräte?	⌵		
Körperhygiene			
Sparmaturen	⌵		
Heizung			
Kohle, anteilig in %	⌵		
Gas, anteilig in %	⌵		
Holz, anteilig in %	⌵		
Öl, anteilig in %	⌵		
Fernwärme, anteilig in %	⌵		
Warmwasser			
Strom, anteilig in %	⌵		
Kohle, anteilig in %	⌵		
Gas, anteilig in %	⌵		
Holz, anteilig in %	⌵		
Öl, anteilig in %	⌵		
Fernwärme, anteilig in %	⌵		
Zubereitung von Speisen			
Anteil Gas (z. B. Gasfeld, Gasofen)	⌵		
Anteil Strom (z. B. Geräte wie Mixer)	⌵		
Anteil der Gäste, die Frühstück bestellen	⌵		
Anteil, der Gäste, die eine warme Speisen essen	⌵		

Abbildung V-2: Eingabe der Daten im Hotel-Tool

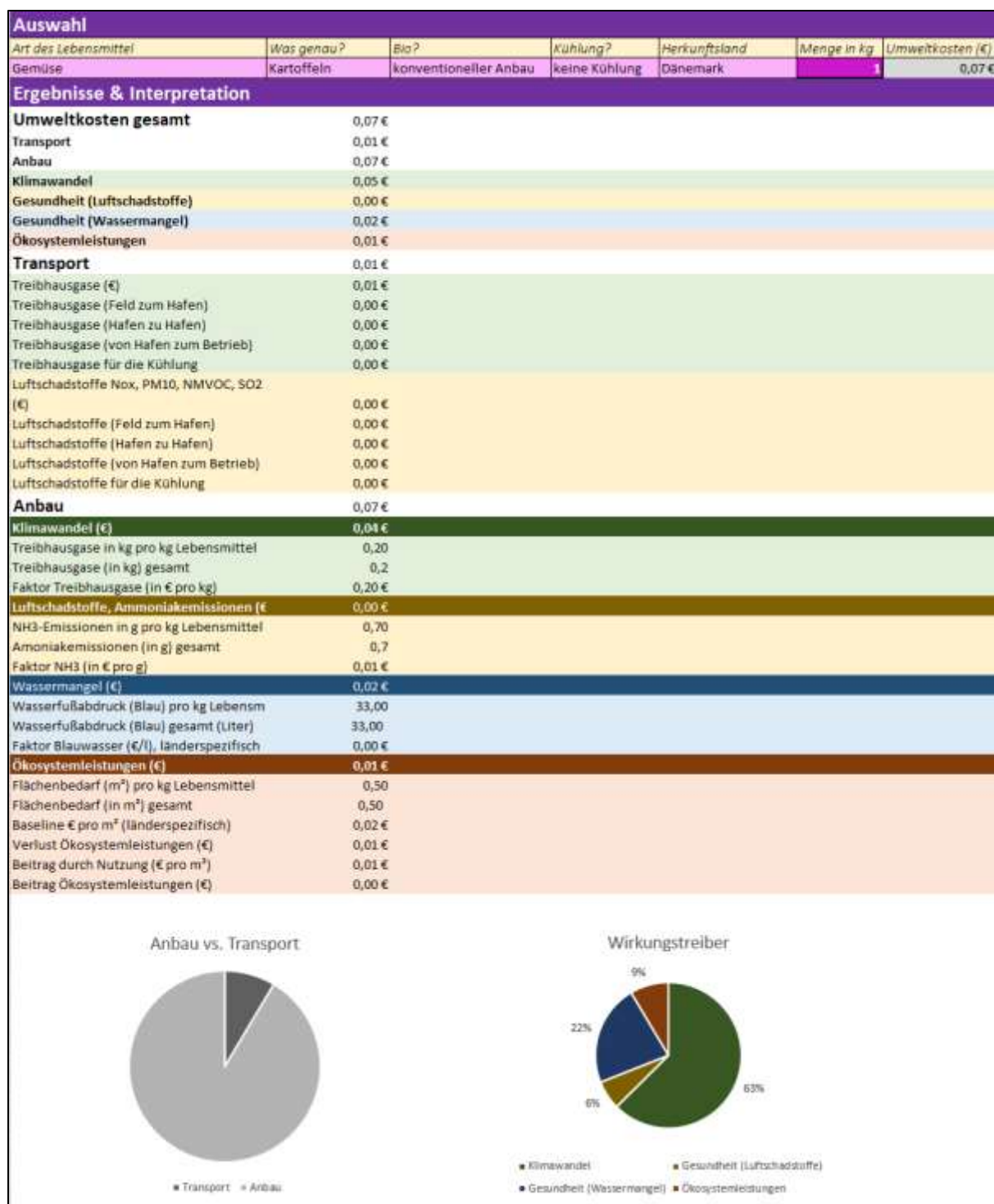


Abbildung V-3: Eingabe der Daten und Präsentation der Ergebnisse im Lebensmittel-Tool

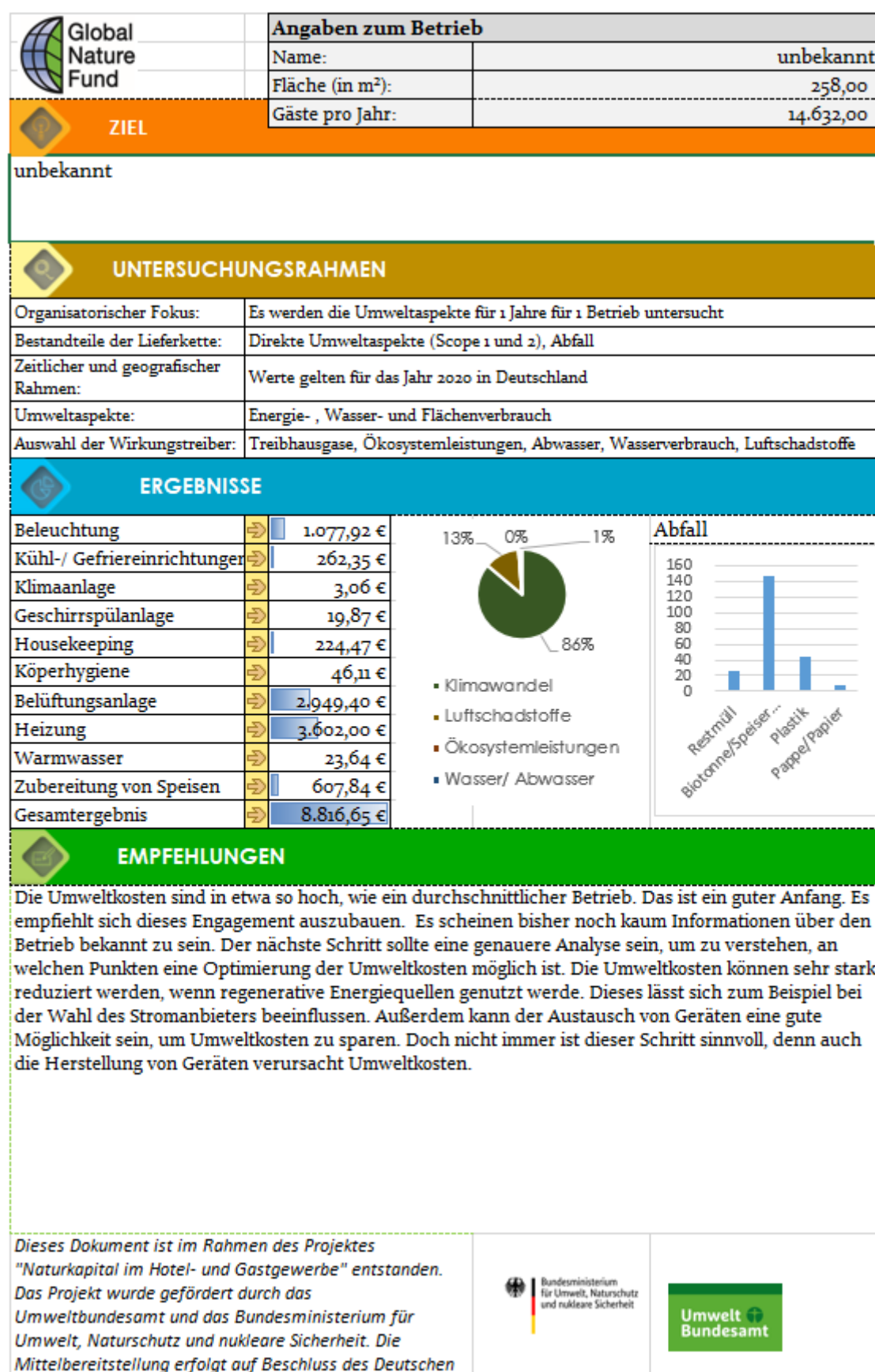


Abbildung V-4: Darstellung der Ergebnisse im Hotel-Tool

V.2 Überprüfen der Daten: Prinzipien

Die in dem Projekt erarbeiteten Datensätze basieren auf der Methode und den Prinzipien des Naturkapitalprotokolls (Coalition, 2016). Das Naturkapitalprotokoll liefert verschiedene Ansatzpunkte wie eine Naturkapitalbewertung durchzuführen ist. Am wichtigsten sind aber wohl die vier Prinzipien Transparenz, Exaktheit, Relevanz und Konsistenz. Das Naturkapitalprotokoll fordert, dass diese vier Prinzipien eingehalten werden, nennt aber keine genauen Schwellenwerte oder Mindestanforderungen, ab welcher Detailtiefe diese Kriterien ausreichend erfüllt sind.




Abbildung V-5: Prinzipien Naturkapital (Quelle: eigene Darstellung) beschreibt die Erfahrungen des GNF-Teams bei der Erstellung der Datensätze. Auf die einzelnen Elemente wird in den folgenden Kapiteln eingegangen. In der Mitte befinden sich mit A für Aufwand die personellen und finanziellen Kapazitäten für die Erstellung der Datensätze: besonders exakte, transparente, relevante und konsistente Datensätze lassen sich erarbeiten, wenn viel Zeit und Geld vorhanden sind. Ist ausreichend Zeit vorhanden, kann beispielsweise intensiv nach passenden Daten recherchiert werden, Methoden und Ergebnisse können hinterfragt werden – im Team und in Kooperation mit Experten. Sind ausreichend finanzielle Ressourcen verfügbar, kann in externe Beratungsleistungen, Seminare und Trainings, kostenpflichtige Datenbanken, Software und kostenpflichtige Literatur investiert werden.

Wenn nur eine begrenzte Kapazität zur Verfügung steht (finanziell und zeitlich), müssen Kompromisse eingegangen werden. Bei der Erstellung dieser Datensätze wurde darauf geachtet, dass dennoch alle vier Prinzipien zu möglichst gleichen Anteilen berücksichtigt werden. Die alleinige Berücksichtigung eines der vier Prinzipien genügt nicht, es ist wichtig, dass alle vier Prinzipien gleichermaßen berücksichtigt werden.

Beispiel: Ein Datensatz, der sehr exakt und genau einen Sachverhalt beschreibt (Prinzip Exaktheit), aber für die Fragestellung vollkommen irrelevant ist, ist bedeutungslos und liefert keinen Erkenntnisgewinn.

Die folgenden vier Kapitel beschreiben die einzelnen Prinzipien, deren Abhängigkeiten voneinander und wie mit diesen bei der Erstellung der Datensätze umgegangen wurde. Tabelle V-1: Kriterien für die Einhaltung der Prinzipien gibt einen Überblick auf die in den Kapiteln genannten Kriterien.

Tabelle V-1: Kriterien für die Einhaltung der Prinzipien

	Hohe Datenqualität (0)		Mittlere Datenqualität (1)		Niedrige Datenqualität (2)	
Transparenz	Open Access		Paywall		Schätzungen	
Exaktheit	Expertenaussagen		Graue Literatur		Schätzungen	
Konsistenz	Übereinstimmung		Interpolation		Annahmen	
Relevanz	Zielgruppe und Umweltexperten		Zielgruppe oder Umweltexperten		Nicht von Zielgruppen und Experten genannt	

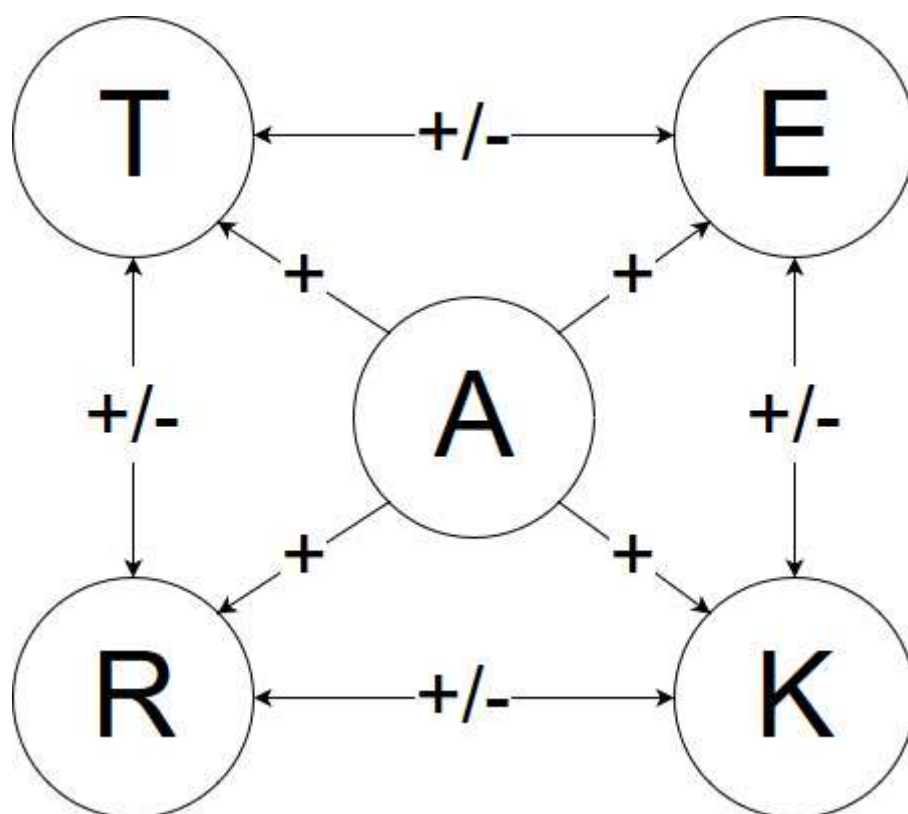


Abbildung V-5: Prinzipien Naturkapital (Quelle: eigene Darstellung)

Die folgende Tabelle zeigt die Zuordnung der Datensätze zu den einzelnen Kategorien:

	Transparenz	Exaktheit	Konsistenz	Relevanz
Wirkungstreiber: Klimawandel	1	1	1	0
Wirkungstreiber: Luftschadstoffe	1	1	1	2
Wirkungstreiber: Ökosystemleistungen	0	1	2	1
Wirkungstreiber: Wasserverbrauch	0	0	1	2
Flächen / Anzahl Gäste	0	2	2	1
Abfall	2	1	0	1
Beleuchtung	0	0	1	1
Kühl-/ Gefriereinrichtungen	0	0	1	1
Klimaanlage	0	0	1	1
Geschirrspülanlage	0	0	1	1
Waschen, Trocknen, Bügeln	0	0	1	1
Housekeeping	0	0	1	1
Körperhygiene	0	0	1	1

Heizung	0	0	1	1
Warmwasser	0	0	1	1
Zubereitung von Speisen	0	0	1	1
Lebensmittel	1	0	1	0
Bio-Lebensmittel	1	2	1	0
Transport von Lebensmitteln	0	2	1	0

V.2.1 Transparenz

Das Naturkapitalprotokoll bezeichnet diesen Aspekt als **Replicability**, das sich eher mit Reproduzierbarkeit als mit Transparenz übersetzen lässt. Damit ist gemeint, dass es mit den zur Verfügung gestellten Informationen möglich ist, die Methode und Berechnungen nachzuvollziehen. Dieses Kriterium lässt sich grob in drei Kategorien einteilen.

1. **Open Access:** Eine besonders hohe Reproduzierbarkeit ist dann gegeben, wenn die Berechnungen und die zugrundeliegende Literatur angegeben sind. Darüber hinaus sollte aber auch die Literatur offen verfügbar sein (z. B. im Internet) und sollte ohne weiteren finanziellen Aufwand abgerufen werden können. Nur wenn Informationen vollkommen frei verfügbar sind, eignet sich eine von einem Unternehmen erstellte Naturkapitalbewertung, um als Beispiel für andere Unternehmen zu dienen, sodass der in diesem Projekt angestrebte Multiplikatoreffekt eintreten kann. Bisher existieren von Unternehmen erstellte Naturkapitalbewertungen, in denen frei verfügbare Literatur angegeben ist.
2. **Paywall:** Eine zweite Option ist eine mittlere Reproduzierbarkeit. Diese ist dann gegeben, wenn die Berechnungen und die zugrundeliegende Literatur angegeben sind, aber nicht ohne finanziellen Aufwand abgerufen werden können. So ist es zwar in der Theorie möglich alle Datensätze zu überprüfen, es wird aber in der Praxis vermutlich nie oder nur selten durchgeführt werden. Der Multiplikatoreffekt tritt zwar eher nicht ein, es ist aber trotzdem möglich die Daten zu erlangen und zu reproduzieren.
3. **Schätzungen:** Die dritte Möglichkeit basiert auf einfachen Schätzungen (z. B. von Experten). Schätzungen müssen nicht zwangsläufig ungenau sein. Es kann sein, dass Experten sich intensiv mit einem Thema beschäftigt haben, aber dieses Wissen nie zu Papier gebracht haben. Dennoch führt eine solche Schätzung für einen potenziellen Anwender, der die Methode nachvollziehen möchte, zu einer unüberwindbaren Barriere. Schließlich ist nicht nachvollziehbar wie dieser Wert entstanden ist. Bei Datensätzen, die über keine Literaturangaben verfügen, wird davon ausgegangen, dass es sich um Schätzungen handelt.

Alle in dem Projekt erstellten Datensätze verfügen über eine Markierung, die darstellt, ob es sich um Daten mit hoher Transparenz (Open Access) handelt (diese sind grün markiert), um Daten mit mittlerer Transparenz (gelb) oder um Daten, die auf einfachen Schätzungen basieren (rot).



Abbildung V-6: Transparenz

Wenn Daten mit geringer Transparenz bzw. Reproduzierbarkeit vorliegen, ergeben sich verschiedene Möglichkeiten, um mit diesem Problem umzugehen, z. B.:

1. Auf andere Daten ausweichen, die zwar über eine ausreichende Dokumentation verfügen, bei denen aber davon auszugehen ist, dass sie weniger exakt sind, als die bestehenden Daten. → Exaktheit reduziert sich, Transparenz erhöht sich.
2. Die Daten weglassen. Dieses führt dazu, dass nicht nachvollziehbare Datensätze den potenziellen Anwender nicht irritieren und verunsichern. Zugleich führt es aber dazu, dass relevante Daten, nicht mehr in der Bewertung aufgenommen werden. → Relevanz reduziert sich, Transparenz erhöht sich.

V.2.2 Exaktheit

Ein weiteres Kriterium ist die Exaktheit der Datensätze. Das Naturkapitalprotokoll nennt dazu eine ökonomische und wissenschaftliche Robustheit. Es bedeutet also insbesondere, dass die formulierte Zielstellung innerhalb einer wissenschaftlichen Studie möglichst exakt erfüllt ist. Wenn also beispielsweise in einer Studie das durchschnittliche Gewicht eines Frühstückseis ermittelt wird, ist dieses besonders exakt, wenn ausreichend Stichproben in die Untersuchung einfließen; wenn die Waage richtig eingestellt ist usw.

Allerdings kann es hier leicht zu Verwechslungen mit der Konsistenz kommen. Werden zwei für sich selbst betrachtete korrekte, exakte Informationen miteinander verknüpft ist ein allein betrachteter exakter Datensatz nicht gleichzeitig auch ein Datensatz, der mit der Zielstellung der Naturkapitalbewertung bzw. des Datensatzes konsistent ist. Die zwei Prinzipien sind sehr eng miteinander verknüpft und können deswegen sehr einfach verwechselt werden.

Folgende drei Kriterien für die Exaktheit wurden in dem Projekt definiert:

1. **Expertenaussage:** Wenn Datensätze aus wissenschaftlichen Artikeln stammen, ist davon auszugehen, dass es sich um ausreichend robuste Daten handelt. Meist verfügen diese über ein Peer-Review und sind somit auch von externen Gutachtern analysiert worden. Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, kann eine Expertenaussage auch mündlich oder mithilfe von gründlichen Messungen erfolgen.
2. **Graue Literatur:** Eine mittlere Exaktheit wird einem Datensatz zugewiesen, der aus Informationen stammt, die nicht in einem wissenschaftlichen Prozess entstanden sind, sondern z. B. aus Broschüren (von Verbänden), von Webseiten, aus Nachhaltigkeitsberichten usw. Auch solch eine Aussage kann mündlich übermittelt werden, z. B. im Gespräch mit Verbandsmitarbeitern.

3. **Schätzungen:** Mit dieser Kategorie sind Werte gemeint, die im GNF-Team geschätzt wurden; derartige Schätzungen sind gefährlich, weil von einer gewissen Betriebsblindheit auszugehen ist. Beispiel: Wenn im GNF-Team zuerst die Gewichte eines Straußeneis und eines Wachteleis ermittelt werden und anschließend das Gewicht eines Hühnereis geschätzt wird, möchte man unterbewusst das Hühnerei in der Mitte zwischen diesen Messdaten einordnen. Man orientiert sich also nicht an Erfahrungen oder objektiven Kriterien, sondern wird beeinflusst von den vorherigen Recherchen und der Zielstellung.



Abbildung V-7: Exaktheit

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um mit Daten umzugehen, die nicht besonders exakt sind:

1. Man ersetzt gut dokumentierte, aber nicht besonders präzise Daten durch Expertenschätzungen. Alternativ kann man auch bestehende Daten mit Expertenschätzungen anreichern, einem Experten ein ungefähres Intervall nennen, zum Beispiel darüber informieren, dass ein Wachtelei etwa fünf Gramm wiegt und ein Straußenei etwa ein Kilogramm. Ein Experte kann dann aus Erfahrung sagen, ob das Gewicht des Hühnereis eher dem Gewicht eines Straußeneis oder dem Gewicht eines Wachteleis entspricht. Auch wenn dieses Vorgehen bei Eiern merkwürdig erscheint, ist dieses Vorgehen sehr nah an den „Geübten-Präferenz-Methoden“, mit denen sich Umweltkosten abschätzen lassen. Dieses Vorgehen erhöht die Exaktheit, kann aber unter Umständen dazu führen, dass das Vorgehen anschließend nicht mehr reproduzierbar ist.
2. Außerdem kann das soeben genannte Vorgehen dazu führen, dass Inkonsistenzen entstehen. Beispiel: eine umfangreiche Studie, die das Gewicht verschiedener Vogeleier gemessen hat, liegt vor. Es wurde aber ein systematischer Fehler übersehen, sodass bei jedem Ei zehn Gramm zu viel gemessen wurden. Wenn anschließend nur das Hühnerei in einer Expertenschätzung überarbeitet wird, verhält sich dieser Datensatz nicht mehr konsistent zu den anderen Datensätzen. Wenn beispielsweise das Ziel der Analyse allein darin besteht, die Gewichte der Eier zu vergleichen, spielt es nur eine untergeordnete Rolle, welches absolute Gewicht diese haben, entscheidend ist, wie die Gewichte der Eier miteinander im Verhältnis stehen. Es mag merkwürdig klingen, aber manchmal ist es somit sinnvoll, Fehler zu akzeptieren, wenn dadurch die übergeordnete Zielstellung besser erfüllt ist.

V.2.3 Konsistenz

Umso größer der Umfang der zu erstellenden Daten ist, desto schwieriger erweist sich die Aufgabe, eine durchgehende Konsistenz zu ermöglichen. Daten kommen

zwangsläufig aus unterschiedlichen Quellen und basieren deshalb auf unterschiedlichen Prinzipien und Methoden. Laut Naturkapitalprotokoll sollen die Daten miteinander und mit der Zielstellung konsistent sein. Die in Kapitel II.1.1 genannten Ziele beinhalten allerdings u. a. auch die Einhaltung der weiteren Prinzipien wie Vollständigkeit (Relevanz) und Transparenz (Open Access). Die meisten Ziele beziehen sich eher auf die Darstellung und Vermittlung der Datensätze (z. B. eine leicht verständliche „Sprache“). Die folgenden Kriterien basieren also auf einer Konsistenz mit einigen Bestandteilen der Ziele sowie auf einer Konsistenz mit anderen Datensätzen:

1. **Übereinstimmung:** Die Daten beschreiben das gleiche System, wie in der Zielstellung (und Untersuchungsrahmen) gefordert. Das bedeutet einerseits, dass der Datensatz einen Sachverhalt im Jahr 2020 beschreibt oder ausführlich abgesichert wurde, dass dieser Datensatz auch im Jahr 2020 einsetzbar ist (das Veröffentlichungsdatum der Literatur ist hingegen irrelevant). Außerdem bedeutet es, dass der Datensatz den Ort beschreibt, der in der Zielstellung gefordert ist. Das bedeutet in den meisten Fällen ein Durchschnittswert für Deutschland. Die dritte Forderung ist, dass das analysierte Element (z. B. ein Rohstoff, ein Gerät oder Gegenstand, ein Wirkungstreiber, usw.) auch wirklich das beschreibt, was es ist. Diese Forderung erscheint zunächst trivial, ist aber schwer vollständig zu erfüllen. Die Einschätzung eröffnet also einen recht breiten Interpretationsspielraum. So kann z. B. entschieden werden, dass ein Datensatz, der eine Heidelbeere beschreibt, vollständig identisch ist mit der Zielstellung, Daten über eine Blaubeere zu sammeln. Zugleich ist aber die Einordnung einer Erdbeere in die Kategorie der Blaubeeren nur schwer möglich. Die genauen Gründe dafür lassen sich nicht anhand von Kriterien definieren, sondern basieren auf subjektiven Einschätzungen. Darüber hinaus erfordert die Abwägung, welche dieser drei Forderungen am ehesten zu erfüllen ist, Kenntnisse über die folgenden Schritte. So kann beispielsweise das Anbauland entscheidender für die ökologischen Auswirkungen sein als der Unterschied zwischen verschiedenen Beerensorten.
2. **Interpolation:** Wenn keine vollständige Übereinstimmung vorliegt, gibt es noch die Möglichkeit, Daten zu interpolieren. Das bedeutet, es werden ältere Datensätze, Datensätze aus anderen Ländern oder Regionen oder Datensätze, die aus anderen Gründen nicht den Zielgrößen entsprechen, interpoliert. Wenn beispielsweise Daten für das Jahr 2016 vorliegen, können diese Datensätze mit ökonomischen Modellen auf das Jahr 2020 übertragen werden. Eine Interpolation kann aber auch auf anderem Wege erfolgen. So kann z. B. die Annahme getroffen werden, dass Datensätze, die die Umweltkosten von Erdbeeren beschreiben, auch auf andere Früchte übertragbar sind. Dazu muss aber bekannt sein, welche Faktoren die Umweltkosten von Früchten und Erdbeeren beeinflussen. Anschließend kann mithilfe von Sensitivitätsanalysen ein Wert erarbeitet werden. Auch das Bilden von Mittelwerten wird dieser Kategorie zugeordnet. Ob die Übertragbarkeit eines Datensatzes „interpoliert“ oder nur „angenommen“ wurde, lässt sich nicht klar abgrenzen. Eine begründete Annahme kann schon als Interpolation interpretiert werden. Entscheidend ist also, ob die Gründe überzeugen.

3. **Annahme:** Die dritte Möglichkeit ist, eine Übertragbarkeit eines Datensatzes auf die eigene Zielgröße anzunehmen. Man ist sich also bewusst, dass der Datensatz eigentlich nicht die Zielgröße beschreibt, verwendet ihn aber aus Gründen der Machbarkeit trotzdem.



Abbildung V-8: Konsistenz

Nicht alle Datensätze sind miteinander oder mit der Zielstellung konsistent. Eine Ursache dafür ist, dass Datenquellen unterschiedlich ermittelt wurden, z. B. zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Beispiel: Einige in diesem Programm verwendete Quellen enthalten Tabellen mit Informationen aus verschiedenen Ländern der Welt, so stammen einige Tabellen aus einer Zeit, als Süd Sudan noch kein eigenständiges Land war und andere Tabellen enthalten Süd Sudan. In den Tabellen wird Süd Sudan zwar angegeben, allerdings stammen die Daten teilweise aus Quellen, als es noch keinen Süd Sudan gab. Es wurde dann die Annahme getroffen, dass die Daten für Sudan auch auf Süd Sudan gelten können. Die hier beschriebenen Kategorien beziehen sich also schon auf einen Umgang mit nicht konsistenten Daten.

1. Insbesondere bei großen Datenmengen kann es sinnvoll sein, einzelne Datensätze, für die exaktere Informationen vorliegen, nicht durch die exakteren Daten zu ersetzen.
2. Es kann aus Konsistenzgründen sinnvoll sein, Datensätze, die von den Zielgruppen als irrelevant eingestuft wurden trotzdem aufzunehmen. So wünschen sich verschiedene Zielgruppen beispielsweise die Integration von Umweltkosten von regional erzeugten Lebensmitteln, der Import von Lebensmitteln erscheint aber den Unternehmen und Umweltexperten als nicht wichtig. Trotzdem wurde der Import von Lebensmitteln in die Datentabelle aufgenommen, da dieser als Vergleichsgröße für die regionalen Lebensmittel notwendig ist.

V.2.4 Relevanz

Welche Daten als relevant angesehen werden können, wird ausführlich in Kapitel II.3 diskutiert. Hier nur eine grobe Zuordnung der Kategorien:

1. **Zielgruppe und Umweltexperten:** Wenn über 50 % der Unternehmen und über 50% der Umweltexperten die Fragestellung als relevant ansehen, gilt der Datensatz als relevant (grün).
2. **Zielgruppe oder Umweltexperten:** Wenn entweder über 50 % der Unternehmen oder über 50% der Umweltexperten die Fragestellung als relevant ansehen, gilt der Datensatz als teilweise relevant (gelb).
3. **Weder noch:** Ein Datensatz gilt dann als irrelevant (rot), wenn sowohl innerhalb der befragten (betroffenen) Zielgruppe (Unternehmen) weniger als 50 % die Information als relevant ansehen, als auch unter den befragten Umweltexperten.



Abbildung V-9: Relevanz

Die Relevanz eines Datensatzes kann davon abhängen, welche Unternehmen und Umweltexperten befragt werden. Es empfiehlt sich also eine repräsentative Auswahl zu befragen.

1. Wenn bestimmte Datensätze als relevant angesehen werden, aber keine frei verfügbaren Datenquellen vorliegen, kann es sinnvoll sein, für diese Datensätze bei Datenbankanbietern zu bezahlen. Es wird also ein Kompromiss bei der Transparenz zugunsten der Relevanz eingegangen.
2. Es kann in einigen Fällen sinnvoll sein, Daten, die als relevant angesehen werden, aufzunehmen, obwohl keine gute Konsistenz mit anderen Datensätzen möglich ist. So wird beispielsweise der Überseetransport per Schiff für den Import von Lebensmitteln als sehr relevant angesehen. Da aber keine guten Daten vorliegen, werden grobe Annahmen getroffen.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

(kein Datum).

- Aguilera, E., Guzmán, G., & Alonso, A. (2015). Greenhouse gas emissions from conventional and organic cropping systems in Spain. I. Herbaceous crops. *Agron. Sustain. Dev.*(35), S. 713-724. doi:10.1007/s13593-014-0267-9
- Aguilera, E., Guzmán, G., & Alonso, A. (2015). Greenhouse gas emissions from conventional and organic cropping systems in Spain. II. Fruit tree orchards. *Agron. Sustain. Dev.*(35), S. 725-737. doi:10.1007/s13593-014-0265-y
- Apothekenumschau. (2019). *So groß sind typische Portionsgrößen*. Abgerufen am 11. April 2019 von <https://www.apotheken-umschau.de/Ernaehrung/So-gross-sind-typische-Portionsgroessen-231443.html>
- AWWA Research Foundation. (2000). *Commercial and Institutional End Uses of Water*. Denver (USA): American Water Works Association.
- Bentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., & Kuhlmann, H. (2002). Life cycle impact assessment of land use based on the hemeroby concept. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 7(6), S. 339.
- Bokkers, E., & de Boer, I. (2009). Economic, ecological, and social performance of conventional and organic broiler production in the Netherlands. *British Poultry Science*(50), S. 546-557. Von <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00545342> abgerufen
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE). (o.J.). *Obst und Gemüse aus den Regionen der Welt. Vielfalt auf dem deutschen Markt*. Abgerufen am 03. März 2019 von https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Ernaehrung-Lebensmittel/Vermarktungsnormen/VermarktungsnormenObstGemuese/Flyer/Infokarte.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). (2018). *Abfallwirtschaft in Deutschland*. Von <https://www.bmu.de/publikation/abfallwirtschaft-in-deutschland-2018/> abgerufen
- Bundeszentrum für Ernährung (BZfE). (2019). *Eier: Einkauf und Kennzeichnung - Güte- und Gewichtsklassen von Eiern*. Abgerufen am 09. April 2019 von <https://www.bzfe.de/inhalt/eier-einkauf-und-kennzeichnung-4005.html>
- Bundeszentrum für Ernährung (BZfE). (2019). *Vom Acker bis zum Teller - Hühnerei-Erzeugung in Deutschland*. Abgerufen am 09. April 2019 von <https://www.bzfe.de/inhalt/eier-erzeugung-4126.html>
- Calderón, L., Herrero, M., Laca, A., & Díaz, M. (2018). Environmental impact of a traditional cooked dish at four different manufacturing scales: from ready meal industry and catering company to traditional restaurant and homemade. *International Journal of Life Cycle Assessment*(23), S. 811-823. doi:10.1007/s11367-017-1326-7

- Central Intelligence Agency [U.S.]. (2018). *The World Factbook: Total Area*. Abgerufen am 25. 02 2019 von <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/279.html>
- Clune, S., Crossin, E., & Verghese, K. (2016). Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2016.04.082
- Coalition, N. C. (2016). *Natural Capital Protocol*. Von www.naturalcapitalcoalition.org/protocol abgerufen
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., . . . van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, S. 253-260.
- DEHOGA. (2018). *DEHOGA Zahlenspiegel. IV/2017*. Berlin: Deutscher Hotel- und Gaststättenverband e.V. Abgerufen am 13. Februar 2019 von <https://www.dehoga-bundesverband.de/zahlen-fakten/zahlenspiegel-und-branchenberichte/>
- DEHOGA Bundesverband. (2016). *Nachhaltig Wirtschaften in Hotellerie und Gastronomie. Tipps und Handlungsempfehlungen*. Von https://www.dehoga-bundesverband.de/fileadmin/Startseite/05_Themen/Energie/DEHOGA_Umweltbroschu__re_Oktober_2016.pdf abgerufen
- DEHOGA Bundesverband. (2019). *Anzahl der umsatzsteuerpflichtigen Unternehmen im Gastgewerbe 2016*. Abgerufen am 14. Februar 2019 von <https://www.dehoga-bundesverband.de/zahlen-fakten/anzahl-der-unternehmen/>
- Dürr, H., & Hilmer, K. (1984). Bügelverfahren im Vergleich - Prozesskenngrößen und Gebrauchsmerkmale bei Bügeleisen und Bügelmaschine. *Hauswirtsch. Wiss.* (32).
- Environmental Protection Agency (EPA) [U.S.]. (2011). *SO₂ and NO_x Emissions, Compliance, and Market Analyses Report*. Progress Report: Clean Air Interstate Rule, Acid Rain Program, and Former NO_x Budget Trading Program.
- Faragò, M., Benini, L., Sala, S., Secchi, M., & Laurent, A. (2019). National inventories of land occupation and transformation flows in the world for land use impact assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, S. 1-15.
- Finanzen.net. (2018). *CO₂ European Emission Allowances in EUR - Historische Kurse*. Abgerufen am 25. Februar 2019 von <https://www.finanzen.net/rohstoffe/co2-emissionsrechte/historisch>
- Finanzen-Rechner. (2018). *Inflationsrechner*. Abgerufen am 25. Februar 2019 von <https://www.finanzen-rechner.net/inflationsrechner.php>
- Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the Sustainable Development Goals*. Rome.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2019). *World Crop Yields, Year 2017*, letztes Update 18.01.2019. Abgerufen am 21. Februar 2019 von FAO STAT: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) Österreich. (2012). *Ressource Wasser: Schongang heisst Bio. Tätigkeitsbericht*. Abgerufen am 19. Februar 2019 von <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/de/taetigkeitsbericht/tb12-wasserressourcen.pdf>
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. (2019). *Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland 2018: Erneuerbare Energiequellen erreichen über 40 Prozent*. Abgerufen am 12. Februar 2019 von <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/news/2018/nettostromerzeugung-2018.html>
- Gerbens-Leenes, P., Mekonnen, M., & Hokstra, A. (2011). *A comparative study on the water footprint of poultry, pork and beef in different countries and production systems*. Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE Institute for Water Education.
- Getzner, M. (2006). *Kosten und Nutzeffekte der Chemiewirtschaft: volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse der neuen EU-Chemiewirtschaft (REACH) für Österreich*. Münster: LIT Verlag.
- Gössling, S. (2015). New key performance indicators for water management in tourism. *Tourism Management* (46), S. 233-244.
- Greenpeace energy. (2019). *Unser Strom im Detail - Ökostrom Strombarometer Strommix 2018*. Abgerufen am 12. Februar 2019 von <https://www.greenpeace-energy.de/geschaeftskunden/oekostrom/unser-strom-im-detail.html>
- Haas, G., & Köpke, U. (1994). *Vergleich der Klimarelevanz ökologischer und konventioneller Landbewirtschaftung*. Deutscher Bundestag, Studienprogramm Landwirtschaft der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre. Bonn: Economica.
- Huijbregts, M., Steinmann, Z. J., Elshout, P., Stam, G., Veronesi, F., Vieira, M. D., & Van Zelm, R. (2016). *ReCiPe 2016: A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level*. The Netherlands: National Institute for Public Health and the Environment.
- IBM. (2014). *Research: Water Cost Index*. Abgerufen am 25. 02 2019 von https://researcher.watson.ibm.com/researcher/view_group.php?id=5047
- IINAS. (2019). *GEMIS - Global Emissions Model for integrated Systems*. Abgerufen am 25. Februar 2019 von <http://iinas.org/gemis.html>
- INFORAMA. (2019). *Mengen pro Person für eine Hauptmahlzeit*. Von Bildungs-, Beratungs- und Tagungszentrum für Land- und Hauswirtschaft im Kanton Bern: https://www.inforama.vol.be.ch/inforama_vol/de/index/beratung/beratung/beratungsgebiete/betrieb_familie/hauswirtschaftlichefragen.assetref/dam/documents/VOL/Inforama/de/Dokumente/Beratung/Familie%20%26%20Hauswirtschaft/Hauswirtschaftliche%20Fragen/menge-h abgerufen

- Joint Research Centre (JRC) European Commission. (2013). *Best Environmental Management Practice in the Tourism Sector. Learning from frontrunners*. Institute for Prospective Technological Studies. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi:10.2788/33972
- Kraftfahrt-Bundesamt (KBA). (2016). *Güterbeförderung: Beförderungsleistung im Inland nach Verkehrsträgern und Güterabteilungen 2016 (NST-2007)*. Abgerufen am 22. 01 2019 von <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Gueterverkehr/Tabellen/VerkehrstraegerGueterabteilungB.html;jsessionid=284C99CF76B887FDA37B31CD88BF6FBB.InternetLive2>
- Kraftfahrzeugbundesamt (KFB). (2016). *Güterbeförderung: Beförderungsmenge nach Verkehrsträgern und Güterabteilungen 2016 (NST-2007)*. Abgerufen am 22. 01 2019 von <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Gueterverkehr/Tabellen/VerkehrstraegerGueterabteilungA.html>
- Kummu, M., Ward, P. J., de Moel, H., & Varis, O. (2010). Is physical water scarcity a new phenomenon? Global assessment of water shortage over the last two millennia. *Environmental Research Letters*, 5. doi:10.1088/1748-9326/5/3/034006
- Latacz-Lohmann, U. (2017). Erzeugung von Ökopunkten als Geschäftsmodell? Eine betriebswirtschaftliche Betrachtung. *Bauernblatt*, S. 3-41.
- Lebensministerium Österreich. (2010). *Studie Wasserverbrauch und Wasserbedarf; Teil 1: Literaturstudie zum Wasserverbrauch – Einflussfaktoren, Entwicklung und Prognosen*. Wien.
- Liang, Y., Xin, H., Li, H., Wheeler, E., Zajackowski, J., Topper, P., . . . Zajackowski, F. (2005). Ammonia Emissions from U.S. laying hen houses in Iowa and Pennsylvania. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 48(5), S. 1927-1941.
- Meier, M., Stoessel, F., Jungbluth, N., Juraske, R., Schader, C., & Stolze, M. (2015). Environmental impacts of organic and conventional agricultural products - Are the differences captured by life cycle assessment? *Journal of Environmental Management*(149), S. 193-208.
- Meier, T. (2014). *Der ökologische Rucksack der Ernährung in Deutschland*. München: Oekom.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*(15), S. 1577-1600. doi:10.5194/hess-15-1577-2011
- Mekonnen, M., & Hoekstra, A. (2012). A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems*(15), S. 401-415. doi:10.1007/s10021-011-9517-8
- Misselbrook, T., van der Weerden, T., Pain, B., Jarvis, S., Chambers, B., Smith, K., . . . Demmers, T. (2000). Ammonia emission factors for UK agriculture. *Atmospheric Environment*(34), S. 871-880.

- Mudie, S., Essah, E., Grandison, A., & Felgate, R. (2016). Electricity use in the commercial kitchen. *International Journal of Low-Carbon Technologies*(11), S. 66-74. doi:10.1093/ijlct/ctt068
- Nijdam, D., Rood, T., & Westhoek, H. (2012). The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy*(37), S. 760–770.
- OANDA. (2018). Währungsrechner. Abgerufen am 25. Februar 2019 von <https://www.oanda.com/lang/de/currency/converter/>
- OECD. (2018). *Data: Inflation Forecast*. Abgerufen am 25. 02 2019 von <https://data.oecd.org/price/inflation-forecast.htm#indicator-chart>
- Ökoinstitut e.V. (2001). *Ökobilanzierung zu Wasch- und Reinigungsmittelrohstoffen und deren Anwendung in der gewerblichen Wäscherei*. UBA-FB 000106/2.
- Ökoinstitut e.V. (2011). *Preparatory Studies for Eco-Design Requirements of Energy-using Products. Lot 24: Professional Washing Machines, Dryers and Dishwashers. . Final Report. Part 2: Economic and Market Analysis*, Freiburg.
- Pahlow, M., van Oel, P., Mekonnen, M., & Hoekstra, A. (2015). Increasing pressure on freshwater resources due to terrestrial feed ingredients for aquaculture production. *Science of the Total Environment*(536), S. 847–857.
- Pfister, S., Veronesi, F., & Mutel, C. (2013). *Water stress*. Zürich.
- Ponisio, L. C., M'Gonigle, L. K., Mace, K. C., Palomino, J., de Valpine, P., & Kremen, C. (2015). Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proc. R. Soc. B*(282: 20141396). doi:<http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.1396>
- Prüss-Üstün, A., Bos, R., Gore, F., & Bartram, J. (2008). Safe water, better health. S. 53.
- RAVEL Bundesamt für Konjunkturfragen (Schweiz). (1992). *Energieverbrauch in gewerblichen Küchen*. Bundesamt für Konjunkturfragen (BfK). Bern, Schweiz: RAVEL .
- Schlomann, B., Steinbach, J., Kleeberger, H., Geiger, B., Pich, A., Gruber, E., . . . Schiller, W. (2013). *Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2007 bis 2010, Endbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Projekt Nummer 53/09*. Karlsruhe, München, Nürnberg: Fraunhofer ISE, Technische Universität München, GfK Retail and Technology GmbH, IREES GmbH, BASE-ING. GmbH. Abgerufen am 07. Februar 2019 von https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2013/Energieverbrauch_GHD_2006-2011.pdf
- Schlomann, B., Wohlfarth, K., Kleeberger, H., Hardi, L., Geiger, B., Pich, A., . . . Roser, A. (2015). *Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013*. Karlsruhe, München, Nürnberg: Fraunhofer ISI, Technische Universität München, GfK Retail and Technology GmbH, IREES GmbH. Abgerufen am 07. Februar 2019 von https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2015/Schlussbericht-GHD_2006-2013_Februar2015.pdf

- Schulle, M. (2015). Nachhaltigkeit als Entscheidungskriterium - Grüner schlafen. *Hotel + Energie (Eine Sonderveröffentlichung der Fachzeitschrift Hotelbau)*, S. 12-15. Von <https://www.hotelbau.de/download/downloadarchiv/hotel+energie2015.pdf> abgerufen
- STATISTA. (2018). *Anzahl der jährlichen Restaurantbesuche pro Kopf in ausgewählten Ländern im Jahr 2010*. Abgerufen am 14. Februar 2019 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/196685/umfrage/anzahl-der-jaehrlichen-restaurantbesuche-pro-kopf/>
- Statistics, B. o. (07.. October 2019). *CPI Inflation Calculator*. Von <https://data.bls.gov/cgi-bin/cpicalc.pl?cost1=2007&year1=199701&year2=201901> abgerufen
- Statistisches Bundesamt. (2017). *Fortschreibung des Bevölkerungsstandes Deutschlands*. Von https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data;sid=5AE66A997941ED22F9EF63B0EFBF525F.GO_2_1?operation=abrufabelleBearbeiten&levelindex=2&level abgerufen
- Statistisches Bundesamt. (kein Datum). *Verbraucherpreise*. Abgerufen am 25. 01 2019 von https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Preise/Verbraucherpreisindizes/Tabellen_/VerbraucherpreiseKategorien.html
- Tassou, S., De-Lille, G., & Ge, Y. (2009). Food transport refrigeration - approaches to reduce energy consumption and environmental impacts of road transport. *Applied Thermal Engineering*(29), S. 8-9. doi:10.1016/j.appltherma
- Thomassen, M., van Calster, K., Smits, M., Iepema, G., & de Boer, I. (2008). Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agricultural Systems*(96), S. 95-107.
- UCL Energy Institute. (2012). *Shipmap*. Abgerufen am 25. Februar 2019 von <https://www.shipmap.org/>
- Umweltbundesamt. (2018). *Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten*. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt. (2018). *Recycling (1-2018). Schwerpunkt - Das Magazin des Umweltbundesamts*. Von <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schwerpunkt-recycling-1-2018> abgerufen
- Umweltbundesamt. (2018). *Themen: Abfall/Ressourcen: Produktverantwortung in der Abfallwirtschaft: Kunststoffe*. Von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/produktverantwortung-in-der-abfallwirtschaft/kunststoffe> abgerufen
- United Nations. (2017). *Population Division: World Population Prospects 2017*. Abgerufen am 25. Februar 2019 von <https://population.un.org/wpp/>

- United Nations. (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision*. Volume I: Comprehensive Tables, Department of Economic and Social Affairs: Population Division, New York. Abgerufen am 25. Februar 2019 von https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_Volume-I_Comprehensive-Tables.pdf
- van Zelm, R., Preiss, P., Van Dingenen, R., & Huijbregts, M. (2016). Particulate Matter Formation.
- Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz. (2015). *Energieverbrauch bei Lampen*. Abgerufen am 07. Februar 2019 von www.verbraucherzentrale-rlp.de
- Verbraucherzentrale RLP. (2014). *Energieverbrauch von Staubsaugern*. Mainz. Abgerufen am 03. April 2019 von https://www.verbraucherzentrale-rlp.de/sites/default/files/migration_files/media227284A.pdf
- Verbraucherzentralen, im Rahmen der Gemeinschaftsaktion "Nachhaltige Ernährung". (2010). *Flugimporte von Lebensmitteln und Blumen nach Deutschland. Eine Untersuchung im Auftrag der Verbraucherzentralen*. Abgerufen am 06. März 2019 von Institut für alternative und nachhaltige Ernährung (IFANE): https://www.verbraucherzentrale.nrw/sites/default/files/migration_files/media165531A.pdf
- Wallstreet. (07.. Oktober 2019). *Wallstreet-online*. Von <https://www.wallstreet-online.de/waehrungsrechner> abgerufen
- World Ocean Network. (2013). *Costal management: Facts and figures*. Abgerufen am 25. Februar 2019 von <https://www.worldoceannetwork.org/won-part-6/carem-wod-2014-4/thematic-resources-coastal-management/facts-figures-coastal-management/>
- Yan, M.-J., Humphreys, J., & Holden, N. (2013). Life cycle assessment of milk production from commercial dairy farms: the influence of management tactics. *Journal of Dairy Science* , 96(7), S. 4112-4124. doi:<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6139>

