

## **C0<sub>2</sub>-Einsparpotenziale für Verbraucher**

Diese Studie wurde im Auftrag des Verbraucherzentrale Bundesverbandes e.V. im Rahmen des vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderten Projekts „Starke Verbraucher für ein gutes Klima“ erstellt

Freiburg, 12. Juli 2010

### **AutorInnen:**

Rainer Grießhammer

Eva Brommer

Marah Gattermann

Stefanie Grether

Malte Krüger

Jenny Teufel

Wiebke Zimmer

### **Öko-Institut e.V.**

#### **Geschäftsstelle Freiburg**

Postfach 50 02 40

79028 Freiburg. Deutschland

#### **Hausadresse**

Merzhauser Straße 173

79100 Freiburg. Deutschland

**Tel.** +49 (0) 761 – 4 52 95-0

**Fax** +49 (0) 761 – 4 52 95-88

#### **Büro Darmstadt**

Rheinstraße 95

64295 Darmstadt. Deutschland

**Tel.** +49 (0) 6151 – 81 91-0

**Fax** +49 (0) 6151 – 81 91-33

#### **Büro Berlin**

Novalisstraße 10

10115 Berlin. Deutschland

**Tel.** +49 (0) 30 – 28 04 86-80

**Fax** +49 (0) 30 – 28 04 86-88



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Vorgehen</b>	<b>1</b>
1.1	Ziel der Studie	1
1.2	Aufbau der Studie	1
1.3	Checkliste	1
<b>2</b>	<b>Beiträge der Verbraucher zu den Treibhausgas-Emissionen</b>	<b>3</b>
2.1.1	Treibhausgase	3
2.1.2	Emissionen nach Kyoto-Protokoll	3
2.1.3	Direkte und indirekte Beiträge von Haushalten	4
2.1.4	Pro-Kopf-Emissionen	4
2.1.5	Strom und Sonstiger Konsum	5
2.1.6	Sonstiger Konsum	6
2.1.7	Product Carbon Footprint (PCF)	7
2.1.8	Umgang mit den unterschiedlichen Erfassungs-Methodiken	7
2.1.9	Schlussfolgerungen für die Kommunikation	7
<b>3</b>	<b>Mobilität</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Einführung Mobilität</b>	<b>9</b>
3.1.1	Datenquelle	9
<b>3.2</b>	<b>Personenverkehr</b>	<b>10</b>
3.2.1	Pkw: Bestand (Werte für 2005)	10
3.2.2	Pkw: Neuzulassungen (Werte für 2007)	13
3.2.3	Ermittlung des PCF für Neufahrzeuge (Pkw)	14
3.2.4	Bus	16
3.2.5	Motorisierte Zweiräder	18
3.2.6	Bahn	19
3.2.7	Flugzeug	21
3.2.8	Carsharing	24
3.2.9	Pedelecs	25
<b>3.3</b>	<b>Güterverkehr</b>	<b>26</b>
3.3.1	Güterbahnverkehr	26
3.3.2	Güterstraßenverkehr	27
3.3.3	Schiffe	29
<b>3.4</b>	<b>Schlussfolgerungen Mobilität</b>	<b>31</b>
3.4.1	Zentrale Schlussfolgerungen	31
3.4.2	Tipps für Verbraucher	32
<b>3.5</b>	<b>Empfehlungen für die Politik</b>	<b>34</b>

<b>4</b>	<b>Lebensmittel</b>	<b>36</b>
4.1	Lebensmittelzubereitung	36
4.2	Übersicht zu Lebensmitteln	38
4.3	Datenaufwand zur Ermittlung des PCF von Lebensmitteln	39
4.4	Milchprodukte	41
4.5	Backwaren	42
4.6	Fleischprodukte	43
4.7	Fischprodukte	44
4.8	Gemüse und Obst	44
4.9	Getränke	45
4.10	Convenience-Produkte	46
4.11	Sonstiges	47
4.12	Änderungen des Ernährungsstils	47
4.13	Wegwerfen von Lebensmitteln	47
4.14	Schlussfolgerungen Lebensmittel	48
<b>5</b>	<b>Konsum-Produkte</b>	<b>50</b>
5.1	Textilien	50
5.2	Papier-Produkte	53
5.2.1	Büropapiere	53
5.2.2	Hygiene-Papiere	54
5.3	Möbel	54
5.4	Weitere Produktgruppen	55
<b>6</b>	<b>Fazit</b>	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>Literatur</b>	<b>60</b>

# 1 Einleitung und Vorgehen

## 1.1 Ziel der Studie

Ziel der Kurzstudie ist die systematische Zusammenstellung von produkt- und dienstleistungsbezogenen Treibhausgas-Bilanzen (Product Carbon Footprint; PCF) und entsprechenden Einsparpotentialen für Verbraucher in den Konsumbereichen Mobilität, Ernährung und Konsum. Weiter sollen mögliche umweltpolitische Vorschläge zur Verbesserung der Rahmenbedingungen abgeleitet werden. Auftragsgemäß bezieht sich die Zusammenstellung NICHT auf die Bereiche Haus/Heizung/Warmwasser und NICHT auf die Bereiche energieverbrauchende Geräte.

## 1.2 Aufbau der Studie

In Kapitel 2 wird eine Übersicht zu den direkten und indirekten Beiträgen von Verbrauchern zu den Treibhausgas-Emissionen gegeben.

In den Kapiteln 3 - 5 werden die Bereiche Mobilität, Ernährung und Konsum-Produkte behandelt. Das Vorgehen und die Datenlage sind jeweils sehr unterschiedlich.

Die PCF zur Mobilität (Kapitel 3) wurden vom Öko-Institut neu berechnet.

Zur Ermittlung der PCF von Lebensmitteln (Kapitel 4) wurde eine ausführliche Literaturrecherche durchgeführt, bei der über 500 PCF von Produkten gefunden wurden. Allerdings konnten viele Veröffentlichungen wegen schlechter Dokumentation der Daten schlussendlich nicht berücksichtigt werden.

Zur Ermittlung der PCF von sonstigen Konsum-Produkten (Kapitel 5) wurde ebenfalls eine ausführliche Literaturrecherche durchgeführt, bei der aber nur wenige Dutzend PCF von Produkten gefunden wurden.

## 1.3 Checkliste

Für eine kurze Beurteilung der Studien zu Lebensmitteln und zu Konsum-Produkten wurden die Ergebnisse in einer Checkliste zusammengestellt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Checkliste zur Abfrage der Kernelemente

<b>Allgemeine Daten</b>
Titel der Studie
Bezeichnung Produkt
Quelle/Autoren
Jahr der Veröffentlichung
Jahr der Bilanz
Geografischer Bezug (Land, ggf. Region)
Best-Case (BC)/Worst Case (WC)
Anmerkungen zum Ziel der jeweiligen Studie
Fazit/Empfehlung der Studie
Allgemeine Kommentare
URL/Website (extern)
<b>Qualitätsmerkmale</b>
Funktionelle Einheit (kg, Liter o. ä.)
Methodik: ISO 14040, PAS 2050, unklar, Stoffstromanalyse (SSA)
Ökobilanz (ÖB) mit mehreren Umweltaspekten oder nur Carbon Footprint (PCF)
Einzelergebnis (nur ein Produkt, E); Durchschnittswert (aus mehreren Einzelwerten, D); überschlägig kalkuliert (Ü); aus Stoffstromanalyse (S)
Weitere berücksichtigte Umweltaspekte (bei land use change angeben, ob direkt oder indirekt - dLUC/iLUC oder beides)
Weitere Umweltaspekte proportional (P) oder zum Teil gegenläufig (G) zu CO <sub>2</sub> e (ja/nein)
Art der Daten (primär/sekundär)
Unabhängiges Review (ja/nein)
<b>Treibhausgase</b>
Gesamtwert (CO <sub>2</sub> e) in kg, ggf. CO <sub>2</sub> in kg (falls nur CO <sub>2</sub> bilanziert)
Landwirtschaft
Produktion/Weiterverarbeitung
Verpackung, ggf. Art der Verpackung
Transport/Distribution Hersteller
Anteil Überseetransport (wenn getrennt ausgewiesen)
Treibhausgase Handel
Einkaufsfahrt Verbraucher
Nutzung
Kühlung/Lagerung
Zubereitung
Entsorgung
Recycling

## 2 Beiträge der Verbraucher zu den Treibhausgas-Emissionen

Nachfolgend wird eine Übersicht zu den direkten und indirekten Beiträgen von Verbrauchern zu den Treibhausgas-Emissionen gegeben. Je nach Bilanzgrenze finden sich hierzu unterschiedliche Werte.

### 2.1.1 Treibhausgase

Die Haupt-Treibhausgase sind Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid, teilhalogenierte FKW, perfluorierte KW und Schwefelhexafluorid. Besonders bedeutsam sind Kohlendioxid, das hauptsächlich aus Energieprozessen freigesetzt wird, und Methan, das hauptsächlich bei der Landwirtschaft entsteht. Der Treibhauseffekt (in der Ökobilanz-Fachsprache: das Treibhausgaspotential - als Maß des Beitrags zum Klimawandel) der verschiedenen Stoffe wird jeweils auf Kohlendioxid bezogen und in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten dargestellt (CO<sub>2</sub>e). 1 kg Methan hat beispielsweise in dem üblicherweise gewählten 100-Jahres-Zeitraum einen Treibhauseffekt, der 23 Mal höher ist als der von Kohlendioxid. Deswegen hat 1 kg Methan einen Treibhauseffekt von 23 kg CO<sub>2</sub>e. Der Treibhauseffekt ist ein globaler Effekt, so dass es keinen Unterschied macht, an welchem Ort Treibhausgase freigesetzt werden. Nur bei der Bildung von Cirrus-Wolken durch den Flugverkehr (die zum Treibhauseffekt beitragen) gibt es einen orts- bzw. höhenabhängigen Effekt.

### 2.1.2 Emissionen nach Kyoto-Protokoll

Die Emissionen von einzelnen Ländern und von einzelnen Sektoren wie Privathaushalten werden nach verschiedenen Abgrenzungen erfasst.

Nach dem Kyoto-Protokoll werden die Treibhausgas-Emissionen innerhalb der Ländergrenzen erfasst. Für Deutschland werden also die Treibhausgas-Emissionen erfasst, die in Deutschland freigesetzt werden. Treibhausgase aus Vorketten außerhalb Deutschlands (z.B. Emissionen von CO<sub>2</sub> und Methan bei der Förderung von Erdöl (aus dem später u. a. Benzin und Diesel hergestellt werden) oder Methan-Emissionen aus der Rinderhaltung im Ausland) sind in diesen Bilanzen NICHT enthalten. Umgekehrt werden allerdings auch Emissionen für Produkte, die in Deutschland hergestellt, aber exportiert werden, im deutschen Inventar erfasst.

Die Emissionen nach dem Kyoto-Protokoll lagen im Jahr 2008 bei 945 Mio t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (abgekürzt als CO<sub>2</sub>e). CO<sub>2</sub> hatte daran einen Anteil von 832 Mio t, die anderen Treibhausgase einen Anteil von 113 Mio t. Die Treibhausgas-Emissionen werden nach Entstehung in Sektoren aufgliedert, wobei hier nur die Endenergie betrachtet wird, zum Beispiel Verbrauch von Heizöl oder Benzin, nicht aber die Bereitstellung der Energie. Die Stromproduktion wird also der Energiewirtschaft zugeordnet, die Produktion von Produkten den Sektoren Industrie/Gewerbe.

### 2.1.3 Direkte und indirekte Beiträge von Haushalten

Das Statistische Bundesamt hat für das Jahr 2004 eine detaillierte Aufschlüsselung nach Treibhausgasen für Verbraucher vorgenommen. Danach lagen die direkten Anteile (wie Verbrennung von Heizöl oder Gas, Treibstoffverbrauch bei Pkw) der privaten Haushalte bei CO<sub>2</sub> bei 22,7 %, bei Methan bei 5,4 % und bei Distickstoffoxid bei 1,7 % (StaBu 2006). Die direkten Beiträge lagen insgesamt bei rund einem Viertel der Treibhausgas-Emissionen.

In einer weiteren Aufschlüsselung hat das Statistische Bundesamt die indirekte Inanspruchnahme von *Energie* (also nicht Treibhausgas!) durch die Produktion von Produkten, Strom etc.) erfasst. Diese ist rund 1,5-mal so hoch wie der direkte Verbrauch von Energie, die Gesamtinanspruchnahme von Energie also 2,5-mal so hoch. Überträgt man dies auf die direkten und indirekten energiebezogenen *Treibhausgas*-Emissionen der privaten Haushalte, so dürften diese in der Größenordnung etwa 2,5-mal so hoch sein wie die direkten Treibhausgas-Emissionen und damit bei etwa zwei Drittel der Gesamt-Emissionen liegen.

### 2.1.4 Pro-Kopf-Emissionen

Die durchschnittlichen Treibhausgas-Emissionen eines Bundesbürgers liegen in der Größenordnung von 11,5 t CO<sub>2</sub>e (die Werte schwanken von Jahr zu Jahr, abhängig von der wirtschaftlichen Entwicklung und kalten oder warmen Wintern, dem langjährigen Reduktions-Trend um jeweils wenige Prozent und der langsam sinkenden Bevölkerungszahl). Im Jahr 2008 lagen die Pro-Kopf-Emissionen von Treibhausgasen bei rund 11,5 t CO<sub>2</sub>e und die Pro-Kopf-Emissionen von CO<sub>2</sub> bei 10,1 t.

Für die Aufschlüsselung der Pro-Kopf-Emissionen nach typischen Aktivitäts- bzw. Konsum-Bereichen liegen verschiedene Abschätzungen vor (IFEU 2007, Griebhammer 2007, Emissionsrechner wie etwa [www.freiburg.de/co2](http://www.freiburg.de/co2)). Die Grundstruktur ist jeweils identisch, da sie sich an den wichtigsten Emissionsbereichen orientiert, die in der amtlichen Statistik ausgewiesen sind (Gebäude bzw. Heizung, Verkehr, Ernährung) und die weiteren Bereiche unter Sonstiger Konsum oder Sonstige sowie Infrastruktur oder Öffentlicher Konsum. Die Unterschiede resultieren aus unterschiedlich gehandhabten Abgrenzungen und einer schlechten Datenlage. Eine ausführliche Beschreibung findet sich einzig nur bei IFEU und UBA, auf die daher zurückgegriffen wird (IFEU 2007). Die Angaben aus der IFEU-Studie 2008 mit Basiszahlen 2005/2006 wurden für das Jahr 2009 hochgerechnet, weil keine neueren Zahlen zur Aufteilung vorlagen.

Der Bereich Infrastruktur umfasst staatliche Aktivitäten wie Strassenbau, Kläranlagen, Militär etc.

Tabelle 2: Treibhausgase pro Kopf und Konsumbereich

Konsumbereiche	Treibhausgase (in t CO <sub>2</sub> e)	Anteil
Heizung	2,08	18,1 %
Strom	0,79	6,9 %
Pkw	1,65	14,3 %
ÖPNV	0,12	1,0 %
Flug	0,90	7,8 %
Ernährung	1,74	15,2 %
Sonstiger Konsum	2,91	25,3 %
Infrastruktur	1,31	11,4 %
<b>Gesamt</b>	<b>11,50</b>	<b>100,0 %</b>

Bei der Aufteilung ist Folgendes zu berücksichtigen: Bei Heizung werden nur die Brennstoffe inklusive ihrer Vorketten erfasst, NICHT aber der (pro Jahr anteilige) Bau oder die Renovierung von Gebäuden und NICHT die Produktion von Heizsystemen. Bei Strom werden die Vorketten der Stromproduktion erfasst, NICHT aber die Produktion der Elektrogeräte. Bei Pkw, ÖPNV und Flugzeugen wird der Treibstoffverbrauch inklusive der Vorketten erfasst, NICHT aber die Produktion der Fahrzeuge. Bei der Ernährung wird dagegen die Produktion der Lebensmittel und Gütertransporte erfasst, NICHT aber die Kühlung und Zubereitung im Haushalt (die wird bei Strom erfasst) oder Einkaufsfahrten (die werden unter Pkw/ÖPNV erfasst).

Für die aufgeführten Konsumbereiche liegen zum Teil keine weiteren Aufschlüsselungen vor. Für den Mobilitätsbereich liegt bereits in Tabelle 2 eine sinnvolle Aufschlüsselung vor, für die Ernährung in den Tabellen im Kapitel 4.

### 2.1.5 Strom und Sonstiger Konsum

Für die Aufschlüsselung des Stromverbrauchs gibt es keine aktuelle statistisch abgesicherte Erhebung, aber plausible Abschätzungen für Durchschnittshaushalte unterschiedlicher Größe (2- und 4-Personen) mit oder ohne elektrische Warmwassererzeugung. Hier können die Ergebnisse vorliegender Untersuchungen übernommen werden (VZ NRW/Öko-Institut 2009, S. 4f.).

Tabelle 3: Jahresstromverbrauch privater Haushalte

<b>Stromeinsatz</b>	<b>2 - Pers.-HH</b>	<b>4 - Pers.-HH</b>
<b>in kWh pro Jahr</b>		
Beleuchtung	280	360
Kühlschrank	310	440
Gefriergerät	360	600
Elektroherd	350	450
Waschmaschine	130	170
Wäschetrockner	200	280
Geschirrspüler	190	250
TV/Audio/Video/PC	280	360
Umwälzpumpen	300	375
Sonstige Geräte	550	625
<b>Summe aller Anwendungen</b>	<b>2.950</b>	<b>3.910</b>

Quelle: VZ NRW/Öko-Institut 2009

Wenn das Warmwasser für Bad und Küche elektrisch erzeugt wird, erhöht sich der jährliche Stromverbrauch um rund 1.100 kWh beim 2-Personen-Haushalt) bzw. rund 1.900 kWh beim 4-Personen-Haushalt.

### 2.1.6 Sonstiger Konsum

Unter Sonstigem Konsum sind mehrere Hundert Produktgruppen und Dienstleistungen zusammengefasst, darunter der Bau und die Renovierung von Gebäuden, die Produktion von Pkw und die Produktion<sup>1</sup> von Elektrogeräten, sowie generell Gütertransporte.

Im Rahmen einer Stoffstromanalyse des Öko-Instituts (Quack und Rüdener 2004) wurden analysiert, welche weiteren Produktgruppen der privaten Haushalte (außer Gebäude/Bauen, Pkw und Elektrogeräte) einen hohen Anteil am Energieverbrauch und an den Treibhausgas-Emissionen haben könnten. Die Auswertung der Materialstatistiken des Statistischen Bundesamts zeigte, dass dies die drei Produktgruppen Möbel, Textilien und Papier sind. Für diese drei Produktgruppen wurden der Gesamtenergieverbrauch und die Treibhausgas-Emissionen in einer Stoffstromanalyse ermittelt.

Die Treibhausgas-Emissionen liegen danach bei Möbeln bei 350 kg CO<sub>2</sub>e/Kopf und Jahr (3,0 %; bezogen auf die Gesamt-Pro-Kopf-Emissionen von 11,5 t), bei Papier-Produkten bei 335 kg CO<sub>2</sub>e (2,9 %) und bei Textilien bei 100 kg CO<sub>2</sub>e (0,9 %). Die berechneten Treibhausgas-Emissionen beziehen sich allerdings auf die gesamte Produktlinie. Da jeweils ein gewichtiger Teil der Produktvorkette im Ausland liegt, z.B. Baumwoll-Produktion für Textilien oder Zellstoff-Produktion für Papier, sind die „inländischen“ Anteile an der Pro-Kopf-Treibhausgas-Emission vermutlich deutlich geringer als oben ausgewiesen.

Der Beitrag der vielen weiteren Produktgruppen dürfte im Schnitt unter jeweils unter 0,1 % liegen.

<sup>1</sup> Die Produktion jeweils nur soweit, wie sie in Deutschland stattfindet.

### 2.1.7 Product Carbon Footprint (PCF)

Der Product Carbon Footprint („CO<sub>2</sub>-Fußabdruck“; abgekürzt als PCF) bezeichnet die Bilanz der Treibhausgas-Emissionen entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produkts in einer definierten Anwendung und bezogen auf eine definierte Nutzeinheit. Der Lebenszyklus umfasst Rohstoffgewinnung, Produktion, Handel, Nutzung, Recycling, Entsorgung und Transporte. Damit werden also alle Treibhausgas-Emissionen beschrieben, die durch ein Produkt ausgelöst werden. Diese Erfassung geht aber quer zu den oben beschriebenen Statistiken von Treibhausgasen, weil damit auch Treibhausgas-Emissionen erfasst werden, die im Ausland anfallen.

### 2.1.8 Umgang mit den unterschiedlichen Erfassungsmethodiken

Wie oben dargestellt, sind die Bilanzgrenzen für die Pro-Kopf-Emissionen (=geografischer Inlandsbezug) und PCF (=globaler Bezug) unterschiedlich. Auf Basis der derzeitigen Datenlage kann hier keine detaillierte Aufschlüsselung nach allen relevanten Produktbereichen erfolgen, wie sich das Verhältnis im Einzelnen darstellt. Nach einer Untersuchung des Statistischen Bundesamts kann vermutet werden, dass sich export-bezogene Treibhausgas-Emissionen (Produktion und CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland, aber Export der Produkte) und importbezogene Treibhausgas-Emissionen (Produktion und CO<sub>2</sub>-Emissionen im Ausland, aber Import der Produkte nach Deutschland) für die gesamte Volkswirtschaft etwa die Waage halten. Bei einzelnen Bereichen dürfte sich das Verhältnis aber anders stellen. So kann man vermuten, dass die gesamten Treibhausgas-Emissionen (also über die gesamte Produktlinie) von Lebensmitteln und von Textilien höher sind als der Anteil an den Pro-Kopf-Emissionen nahelegt – wegen den hohen Lebensmittel- und Futtermittel-Importen und wegen des hohen Anteils von Baumwolle an der Textil-Produktion.

### 2.1.9 Schlussfolgerungen für die Kommunikation

Die verschiedenen Abgrenzungen (einerseits Pro-Kopf-Emissionen der inländischen Treibhausgas-Emissionen von Aktivitätsbereichen, andererseits mit dem PCF Gesamt-Emissionen von ausgewählten Produkten über die gesamte Produktlinie inklusive ausländischer Vorketten) erschweren eine einheitliche bzw. konsistente Kommunikation. Selbst wenn für einen Konsumbereich wie etwa Mobilität für alle Produkte ein PCF vorliegen würde, ergäbe die Summe der PCF NICHT den Pro-Kopf-Anteil des Mobilitätsbereichs – eben wegen der anderen Abgrenzung.

Für die Kommunikation wird empfohlen wie folgt vorzugehen:

- 1) Kommunikation der Pro-Kopf-Emissionen und der Anteile der einzelnen Bereiche mit dem Ziel, eine Übersicht über die durchschnittlichen Pro-Kopf-Emissionen nach dem Kyoto-Protokoll zu geben, Vergleichsrechnungen mit Hilfe von CO<sub>2</sub>-Rechnern zu er-

möglichen und die absolute und relative Größenordnung der einzelnen Konsumbereiche zu verdeutlichen.

- 2) Für die Bestimmung von Emissions-Minderungen sollte dagegen der PCF der jeweiligen Produkte, Dienstleistungen oder Maßnahmen bzw. Einsparpotentiale kommuniziert werden, da damit die reale Treibhausgas-Reduktion erfasst wird – egal ob sie in Deutschland oder anderswo erfolgt. Da der Treibhauseffekt ein globaler nicht ortsabhängiger Effekt ist, ist dieser Ansatz sachgemäß.
- 3) In Fußnoten und bei FAQ sollte darauf hingewiesen werden, dass die Systemgrenzen der Pro-Kopf-Emissionen und der PCF unterschiedlich sind (beispielsweise durch Einbezug bzw. Nicht-Einbezug ausländischer Vorketten) und von daher bei Verrechnungen Abweichungen auftreten können. In der Praxis wird das nur selten zu Problemen führen, weil ja viele PCF gar nicht bekannt sind – die Verbraucher können also beispielsweise gar nicht die PCF aller konsumierten Lebensmittel zusammenzählen und mit den angegebenen Pro-Kopf-Emissionen vergleichen.

## 3 Mobilität

### 3.1 Einführung Mobilität

Für den Bereich Mobilität werden für verschiedene Verkehrsträger die pro Personenkilometer (Pkm), Fahrzeugkilometer (Fzghm) bzw. Tonnenkilometer (tkm) anfallenden Treibhaus-Emissionen ermittelt bzw. dargestellt. Es werden neben den direkten Emissionen der Nutzungsphase sowohl die bei der Förderung, Produktion und dem Transport der Kraftstoffe (Kraftstoffvorkette) als auch die bei der Produktion und Entsorgung der Fahrzeuge anfallenden Treibhausgas-Emissionen berücksichtigt.

#### 3.1.1 Datenquelle

Als Grundlage für die Berechnung der direkten Emissionen und der Emissionen der Kraftstoffvorketten dient das Emissionsberechnungsmodell „TREMODO“ (Transport Emission Model). Dieses Modell wurde vom IFEU-Institut im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelt und dient zur Abbildung des Personen- und Güterverkehrs in Deutschland hinsichtlich seiner Verkehrs- und Fahrleistungen, dem Energieverbrauch und den zugehörigen Luftschadstoff-Emissionen für den Zeitraum 1960 bis 2030 (IFEU 2005).

Folgende Verkehrsträger werden in diesem Bericht in Anlehnung an die für TREMOD verwendeten Kategorien getrennt betrachtet, wobei jede dieser Gruppen noch weiter unterteilt ist, wie in den entsprechenden Kapiteln beschrieben wird.

#### Personenverkehr:

- Pkw (Bestand und Neuzulassungen)
- Bus
- Motorisierte Zweiräder
- Bahn
- Flugzeug

#### Güterverkehr:

- Bahn
- Nutzfahrzeuge
- Schiffe

Der über das Umweltbundesamt bezogene Datensatz enthält die aktuellsten Daten von TREMOD aus dem Jahre 2005, differenziert nach den betrachteten Verkehrsträgern und den Treibhausgasen CO<sub>2</sub> (Kohlenstoffdioxid), N<sub>2</sub>O (Distickstoffmonoxid bzw. Lachgas) und CH<sub>4</sub> (Methan). Des Weiteren sind in dem Datenpaket die Emissionen nach direkten und totalen

Emissionen - bei denen die Kraftstoffvorkette miteinbezogen wird - unterteilt. Biokraftstoffe werden bei der Ableitung der Emissionsfaktoren in diesem Rahmen nicht berücksichtigt (TREM 2009).

Um auch die bei der Produktion und Entsorgung der Fahrzeuge anfallenden Emissionen zu berücksichtigen, werden aus der Datenbank ecoinvent für jedes Fahrzeug die bei der Produktion und Entsorgung anfallenden Emissionen entnommen (ECO 2007).

Zur Umrechnung dieser Emissionen auf einen Pkm, Fzkm bzw. einen tkm werden sowohl aus TREMOD als auch aus RENEWBILITY die Werte für die in einem Fahrzeugleben durchschnittlich angefallenen Pkm bzw. tkm zugrunde gelegt (TREM 2009, RENEW 2009).

Zur Berechnung der Emissionen der CO<sub>2</sub>-Äquivalente werden die folgenden Faktoren verwendet:

Tabelle 4: Charakterisierungsfaktoren zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente

Treibhausgas		Charakterisierungsfaktor
N <sub>2</sub> O	Distickstoffmonoxid	298
CH <sub>4</sub>	Methan	25
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid	1

Als Endergebnis können für jeden Verkehrsträger die Treibhausgas-Emissionen pro Pkm, Fzkm bzw. tkm angegeben werden, in denen sowohl die Kraftstoffvorkette als auch die bei der Produktion und der Entsorgung anfallenden Emissionen enthalten sind.

### 3.2 Personenverkehr

#### 3.2.1 Pkw: Bestand (Werte für 2005)

Die Gruppe der Pkw teilt sich gemäß der in TREMOD vorgenommenen Einteilung wie folgt auf:

- Kleine Pkw (< 1,4 Liter Hubraum)
- Mittlere Pkw (zwischen 1,4 und 2,0 Liter Hubraum)
- Große Pkw (> 2,0 Liter Hubraum).

Des Weiteren werden die drei Gruppen in Otto- und Dieselfahrzeuge differenziert, da sowohl das Fahrzeuggewicht und der Verbrauch unterschiedlich sind und die Kraftstoffvorketten unterschiedliche Emissionen aufweisen.

Die direkten Emissionen der Pkw werden direkt TREMOD entnommen (TREM 2009).

## Produktion Kraftstoff

In TREMOD ist zu jedem Kraftstoff hinterlegt, welcher Aufschlag für die Treibhausgase durch die Kraftstoffvorkette hinzugerechnet werden muss. Für die Treibhausgas-Emissionen insgesamt ergibt sich durch die CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen ein Aufschlag von ca. 19,7 % für Benzinfahrzeuge und von 14,3 % für Dieselfahrzeuge auf die direkten Emissionen. Für CO<sub>2</sub> ist dieser lediglich von der Art des Kraftstoffs abhängig (Diesel 13,8 %, Benzin 19,2 %). Die anderen Treibhausgas-Emissionen hängen nicht nur vom Treibstoff, sondern auch von der Art der Verbrennung, der Verbrennungstemperatur und der Abgasbehandlung ab. Deshalb wird der Aufschlag für diese Emissionen spezifisch für die jeweilige Fahrzeugklasse berücksichtigt (TREM 2009).

## Produktion Fahrzeug

Um für die verschiedenen Fahrzeuggrößen die Emissionen der Herstellung zu berechnen, wird aus den in der Beschreibung zu dem „Datensatz Transport“ von ecoinvent angegebenen Daten für die CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen für ein Referenzfahrzeug (Mittelklasse: Golf A4 1,4 l Otto, Leergewicht 1059 kg) mit Hilfe des Fahrzeuggewichtes auf die entsprechende Größe linear interpoliert. Über die Gesamtfahrleistung und die mittlere Auslastung wird aus diesen Werten der Aufschlag für die Fahrzeugproduktion errechnet (TREM 2009, ECO 2007, RENEW 2009):

Tabelle 5: CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch die Fahrzeugproduktion bei Pkw

	Fahrzeuggewicht (kg)	CO <sub>2</sub> e Produktion (kg/unit)	Gesamtfahrleistung (km)	Auslastung (Personen)	Aufschlag Produktion (g/Pkm)
Otto klein	1043	4.097	138.650	1,49	<b>19,8</b>
Otto mittel	1261	4.954	166.250	1,49	<b>20,0</b>
Otto groß	1609	6.321	165.000	1,49	<b>25,7</b>
Diesel klein	1067	4.191	124.400	1,49	<b>22,6</b>
Diesel mittel	1384	5.437	236.350	1,49	<b>15,4</b>
Diesel groß	1808	7.102	231.200	1,49	<b>20,6</b>

## Entsorgung des Fahrzeuges

Nicht nur bei der Produktion, sondern auch bei der Entsorgung eines Pkw fallen Emissionen an. Wie bei der Produktion sind in ecoinvent nur Daten zu einem mittleren Pkw hinterlegt, weshalb die Emissionen für die anderen Fahrzeuggruppen ebenfalls über das mittlere Gewicht der Fahrzeuge interpoliert werden. Folgender Aufschlag ergibt sich für die entsprechenden Gruppen (TREM 2009, ECO 2007):

Tabelle 6: CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch die Fahrzeugentsorgung bei Pkw

	Fahrzeuggewicht (kg)	CO <sub>2</sub> e Entsorgung (kg/unit)	Gesamtfahrleistung (km)	Auslastung (Personen)	Aufschlag Entsorgung (g/Pkm)
Otto klein	1043	374	138.650	1,49	<b>1,81</b>
Otto mittel	1261	452	166.250	1,49	<b>1,83</b>
Otto groß	1609	575	165.000	1,49	<b>2,34</b>
Diesel klein	1067	383	124.400	1,49	<b>2,07</b>
Diesel mittel	1384	497	236.350	1,49	<b>1,41</b>
Diesel groß	1808	649	231.200	1,49	<b>1,88</b>

## Ergebnisse

Wenn die direkten Emissionen pro Personenkilometer mit den entsprechenden Teilaufschlägen versehen werden, erhält man für jede Fahrzeuggruppe die gesamten Emissionen (TREM 2009, ECO 2007):

Tabelle 7: CO<sub>2</sub>e-Emissionen pro Personenkilometer bei Bestands-Pkw

	direkte Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Kraftstoffvorkette CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Fahrzeugproduktion CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Entsorgung CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Pkm) (Anteil Vor- & Nachkette)
Otto klein	104,8	20,6	19,8	1,81	<b>147,0 (29 %)</b>
Otto mittel	133,9	26,4	20,0	1,83	<b>182,1 (26 %)</b>
Otto groß	177,3	35,1	25,7	2,34	<b>240,4 (26 %)</b>
Diesel klein	72,4	10,3	22,6	2,07	<b>107,4 (33 %)</b>
Diesel mittel	105,5	15,1	15,4	1,41	<b>137,4 (23 %)</b>
Diesel groß	145,1	20,8	20,6	1,88	<b>188,4 (23 %)</b>

Um die Emissionen pro Fahrzeugkilometer zu ermitteln, werden die oben genannten Werte mit der Auslastung multipliziert.

Tabelle 8: CO<sub>2</sub>e-Emissionen pro Fahrzeug bei Bestands-Pkw

	direkte Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Fzkm)	Aufschlag Kraftstoffvorkette CO <sub>2</sub> e (g/Fzkm)	Aufschlag Fahrzeugproduktion CO <sub>2</sub> e (g/Fzkm)	Aufschlag Entsorgung CO <sub>2</sub> e (g/Fzkm)	Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Fzkm) (Anteil Vor- & Nachkette)
Otto klein	156,1	31,9	29,6	2,70	<b>219,1</b> (29 %)
Otto mittel	199,5	40,8	29,8	2,72	<b>271,3</b> (26 %)
Otto groß	264,1	54,3	38,1	3,48	<b>358,3</b> (26 %)
Diesel klein	107,9	16,1	33,7	3,08	<b>160,0</b> (33 %)
Diesel mittel	157,3	23,6	23,0	2,10	<b>204,8</b> (23 %)
Diesel groß	216,2	32,5	30,7	2,81	<b>280,6</b> (23 %)

### 3.2.2 Pkw: Neuzulassungen (Werte für 2007)

Die Berechnung der im Jahr 2007 neu zugelassenen Pkw erfolgt analog zu den Pkw im Bestand, wobei die zugrunde gelegten Daten zu den direkten Emissionen aus Daten des Kraftfahrtbundesamtes stammen. Bei diesen Angaben handelt es sich um Herstellerangaben, die nach dem Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) erhoben werden. Die Kraftstoffverbräuche und damit die Treibhausgas-Emissionen, die in TREMOD angenommen werden, basieren auf mehreren verschiedenen Fahrsituationen und werden in weiteren Fahrzyklen, wie dem Common Artemis Driving Cycle (CADC) oder dem Bundesautobahnzyklus ermittelt, um möglichst reale Verbräuche und Emissionen abzuleiten. Das hat zur Folge, dass in Deutschland die Kraftstoffverbräuche und damit auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen knapp 7 % höher liegen, als im NEFZ ermittelt wird. Um diesem Unterschied und damit realeren Emissionen Rechnung zu tragen, werden die Herstellerangaben mit einem Aufschlag von 7 % versehen. Für die weiteren Treibhausgas-Emissionen werden die TREMOD-Werte von 2005 verwendet. Für die Faktoren der Kraftstoffvorkette, der Produktions- und der Entsorgungsemissionen werden ebenfalls die Daten der Bestands-Pkw 2005 angesetzt. Somit ergeben sich für die totalen Emissionen folgende Werte (TREM 2009, ECO 2007):

## Ergebnisse

In der folgenden Tabelle sind die gesamten CO<sub>2</sub>e-Emissionen für neu zugelassene Pkw in g/Pkm und g/Fzkm mit dem prozentualen Anteil der Vor- und Nachkette angegeben (TREM 2009, ECO 2007).

Tabelle 9: CO<sub>2</sub>e-Emissionen pro Personenkilometer bei neu zugelassenen Pkw

	direkte Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Kraftstoffvorkette CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Fahrzeugproduktion CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Entsorgung CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Pkm) (Anteil Vor- & Nachkette)
Otto klein	105,1	20,7	19,8	1,81	<b>147,4</b> (29 %)
Otto mittel	128,1	25,3	20,0	1,83	<b>175,3</b> (27 %)
Otto groß	175,8	34,8	25,6	2,34	<b>238,7</b> (26 %)
Diesel klein	86,8	12,3	22,6	2,07	<b>123,8</b> (30 %)
Diesel mittel	112,7	16,0	15,4	1,41	<b>145,7</b> (23 %)
Diesel groß	152,9	21,8	20,6	1,88	<b>197,4</b> (22 %)

Tabelle 10: CO<sub>2</sub>e-Emissionen pro Fahrzeug bei neu zugelassenen Pkw

	direkte Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Fzkm)	Aufschlag Kraftstoffvorkette CO <sub>2</sub> e (g/Fzkm)	Aufschlag Fahrzeugproduktion CO <sub>2</sub> e (g/Fzkm)	Aufschlag Entsorgung CO <sub>2</sub> e (g/Fzkm)	Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Fzkm) (Anteil Vor- & Nachkette)
Otto klein	156,6	32	29,6	2,70	<b>219,7</b> (29 %)
Otto mittel	190,9	39,1	29,8	2,72	<b>261,2</b> (27 %)
Otto groß	262,0	53,9	38,1	3,48	<b>355,7</b> (26 %)
Diesel klein	129,4	19,2	33,7	3,08	<b>184,4</b> (30 %)
Diesel mittel	169,0	25,1	23,0	2,10	<b>217,1</b> (23 %)
Diesel groß	228,0	34,2	30,7	2,81	<b>294,1</b> (22 %)

### 3.2.3 Ermittlung des PCF für Neufahrzeuge (Pkw)

Die vorstehend wiedergegebenen PCF-Werte sind Durchschnittswerte für Pkw im Bestand oder Neuzulassungen, differenziert nach Otto-Pkw und Diesel-Pkw und nach Größenklassen. Innerhalb dieser Klassen gibt es erhebliche Spannbreiten. Relevant ist das vor allem bei einem Neukauf eines Pkw.

Unter [www.ecotopten.de](http://www.ecotopten.de) gibt es eine Marktübersicht zu Pkw, die regelmäßig aktualisiert wird. Die nächste Aktualisierung erfolgt im März 2010. Der Vergleich der marktbesten Pkw mit dem Durchschnitt der Neuzulassungen zeigt, welche großen Einsparpotenziale hier durch den Kauf von energieeffizienten Pkw bestehen. Bei der Marktübersicht werden auch jeweils die jährlichen Lebenszykluskosten für die unterschiedlichen Fahrzeuge angegeben.

Tabelle 11: Einsparpotenziale energieeffizienter PKW

Angabe in g CO <sub>2</sub> Fahrzeugkilometer	Pkw klein	Pkw mittel	Pkw groß
Beste Pkw EcoTopTen (Stand 2009)	99	109	104
Durchschnitt Neuzulassungen 2007 Diesel-Pkw	119	156	212
Durchschnitt Neuzulassungen 2007 Otto-Pkw	144	176	243
Mehr-Emission der Otto- Pkw gegenüber bestem Pkw	45 %	61 %	134 %

## VORSICHT

Leider werden die Emissionswerte für neue Pkw gemäß gesetzlicher Vorschrift nur in Gramm CO<sub>2</sub> pro km angegeben.

In diesem Wert sind folgende Treibhausgas-Emissionen **NICHT** enthalten:

- andere Treibhausgase als CO<sub>2</sub>
- Treibhausgas-Emissionen für die Produktion und Entsorgung des Pkw
- Treibhausgas-Emissionen für die Bereitstellung der Treibstoffe
- real höhere Werte als der zugrunde gelegte Fahrzyklus

Dies bedeutet, dass die Treibhausgas-Emissionen real weitaus höher sind als die angegebenen Werte in CO<sub>2</sub>/Fahrzeugkilometer – je nach Fahrzeuggröße und Fahrleistung können die realen Werte etwa 40 – 60 % höher sein!

In der Praxis der Verbraucherberatung kann dies zu einer erheblichen Verwirrung führen. Gibt ein Verbraucher beispielsweise die Werte „seines“ Neuwagens in einen der üblichen Treibhausgas-Rechner ein, werden ihm dort deutlich höhere Werte angegeben als beim Kauf des Wagens.

Zur Berechnung der realen Emissionen wurde deshalb ein Excel-Tool erstellt, das im Internet bereitgestellt werden kann. Die Verbraucher können dort den vom Hersteller angegebenen Emissionswert in g CO<sub>2</sub>/km sowie die voraussichtliche Jahreskilometerleistung und die voraussichtliche Lebensdauer des Pkw eingeben und bekommen dann den PCF errechnet.

Nachfolgend ist eine Berechnung als Beispiel angeben – der PCF (in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) ist in diesem Fall 48 % höher als der CO<sub>2</sub>-Wert ohne Vorketten.

Tabelle 12: Berechnung PCF für neue PKW

<b>Mittlerer Otto</b>	
Herstellerangabe in g CO <sub>2</sub> pro km (Fahrzeug-Kilometer)	
	176,4
voraussichtliche Jahresfahrleistung (km pro Jahr)	
	11.291
Aufschlag realer Verbrauch	
	7%
Aufschlag für CO <sub>2</sub> -Äquivalente	
	1,2%
Aufschlag Kraftstoff prozentual	
	19,7%
Herstellung plus Entsorgung (absolut) in g CO <sub>2</sub> -Äquivalente	
	5.406.000
Lebensdauer (Jahre)	
	14,7
Aufwand Herstellung und Entsorgung pro Fzkm in g CO <sub>2</sub> -Äquivalente	
	32,5
PCF pro Fzkm in g CO <sub>2</sub> -Äquivalente	
	261,2

### 3.2.4 Bus

Die Berechnung für die Kategorie Bus unterscheidet sich nicht von der Berechnung der Pkw. Bei der Berechnung wird zwischen zwei Fahrzeugtypen unterschieden, da diese sowohl in ihrer Laufleistung als auch in ihrer Auslastung große Unterschiede aufweisen.

- Reisebus
- Linienbus

Die direkten Emissionen der Busse werden TREMOD entnommen (TREM 2009).

#### Produktion Kraftstoff

Busse sind zurzeit in Deutschland fast ausschließlich dieselmotorisch betriebene Fahrzeuge, weshalb die Emissionen der Kraftstoffvorkette auf Dieselmotor bezogen werden (14,3 % Aufschlag) (TREM 2009).

## Produktion Fahrzeug

Die Emissionen von Treibhausgasen bei der Produktion von Bussen liegen mit 34.820 kg/unit deutlich höher als bei Pkw, werden aber durch die höhere Laufleistung und die hohe Auslastung kompensiert. Damit erklärt sich der moderate Anteil der Produktion an den gesamten Emissionen. Der Reisebus weist noch mal eine deutlich höhere Fahrleistung und Auslastung als der Linienbus auf. Dadurch fällt der Aufschlag noch deutlich geringer aus (TREM 2009, ECO 2007).

Tabelle 13: CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch die Fahrzeugproduktion bei Bussen

	CO <sub>2</sub> e Produktion (kg/unit)	Gesamtfahrleistung (km)	Auslastung (Personen)	Aufschlag Produktion (g/Pkm)
Reisebus	34.820	575.300	26,6	<b>2,3</b>
Linienbus	34.820	389.400	12,5	<b>7,2</b>

## Entsorgung des Fahrzeuges

Für die Entsorgung gilt wie für die Produktion, dass die Emissionen auf die während des Fahrzeuglebens geleisteten Personenkilometer umgerechnet werden. Wie bei der Produktion ist der Einfluss bei den Linienbussen wegen ihrer geringeren Personenkilometerleistung höher. Allgemein liegt der Wert aber auf einem sehr niedrigen Niveau (TREM 2009, ECO 2007).

Tabelle 14: CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch die Fahrzeugentsorgung bei Bussen

	CO <sub>2</sub> e Entsorgung (kg/unit)	Gesamtfahrleistung (km)	Auslastung (Personen)	Aufschlag Entsorgung (g/Pkm)
Reisebus	1.364	575.300	26,6	<b>0,09</b>
Linienbus	1.364	389.400	12,5	<b>0,28</b>

## Ergebnisse

In der folgenden Tabelle sind die gesamten CO<sub>2</sub>e-Emissionen für Busse in g/Pkm mit dem prozentualen Anteil der Vor- und Nachkette angegeben (TREM 2009, ECO 2007).

Tabelle 15: CO<sub>2</sub>e-Emissionen pro Personenkilometer bei Bussen

	direkte Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Kraftstoffvorkette CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Fahrzeugproduktion CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Entsorgung CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Pkm) (Anteil Vor- & Nachkette)
Reisebus	30,1	4,3	2,3	0,09	<b>36,8</b> (18 %)
Linienbus	68,7	9,9	7,2	0,28	<b>86,1</b> (20 %)

### 3.2.5 Motorisierte Zweiräder

Die Gruppe der Motorisierten Zweiräder (MZ) wird nach zwei Gruppen getrennt betrachtet:

- Kleinkrafträder
- Krafträder

Die direkten Emissionen der MZ werden TREMOD entnommen (TREM 2009).

#### Produktion Kraftstoff

Motorisierte Zweiräder sind zurzeit in Deutschland fast ausschließlich ottomotorisch betriebene Fahrzeuge, weshalb die Emissionen der Kraftstoffvorkette auf Benzin bezogen werden (19,7 % Aufschlag) (TREM 2009).

#### Produktion Fahrzeug

Da in der Beschreibung der ecoinvent-Datenbank für die MZ keine Angaben über die bei der Produktion anfallenden Emissionen hinterlegt sind, wird dieser Wert wie bei den Pkw über das Gewicht eines durchschnittlichen MZ (Kleinkrafträder 100 kg, Krafträder 200 kg) aus dem Wert für einen durchschnittlichen Pkw interpoliert. Hierbei handelt es sich um eine grobe Ableitung, die aber als Näherung in der Größenordnung stimmen müsste, und besser ist, als die Produktion nicht mit einzubeziehen. Da für die Krafträder keine höhere Lebensfahrleistung als für die Kleinkrafträder in TREMOD hinterlegt ist, sind die Emissionen pro Pkm für die Produktion und für die Entsorgung doppelt so hoch wie bei den Pkw (TREM 2009, ECO 2007, RENEW 2009).

Tabelle 16: CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch die Fahrzeugproduktion bei Motorisierten Zweirädern

	Fahrzeuggewicht (kg)	CO <sub>2</sub> e Produktion (kg/unit)	Gesamtfahrleistung (km)	Auslastung (Personen)	Aufschlag Produktion (g/Pkm)
Kleinkraftrad	100	393	31.400	1,1	<b>11,3</b>
Kraftrad	200	786	31.400	1,1	<b>22,6</b>

### Entsorgung des Fahrzeuges

Bei der Entsorgung wird wie bei der Produktion ebenfalls über das Gewicht interpoliert (TREM 2009, ECO 2007, RENEW 2009).

Tabelle 17: CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch die Fahrzeugentsorgung bei Motorisierten Zweirädern

	Fahrzeuggewicht (kg)	CO <sub>2</sub> e Entsorgung (kg/unit)	Gesamtfahrleistung (km)	Auslastung (Personen)	Aufschlag Entsorgung (g/Pkm)
Kleinkraftrad	100	36	31.400	1,1	<b>1,03</b>
Kraftrad	200	72	31.400	1,1	<b>2,06</b>

### Ergebnisse

In der folgenden Tabelle sind die gesamten CO<sub>2</sub>e-Emissionen für motorisierte Zweiräder in g/Pkm mit dem prozentualen Anteil der Vor- und Nachkette angegeben (TREM 2009, ECO 2007).

Tabelle 18: CO<sub>2</sub>e-Emissionen pro Personenkilometer bei Motorisierten Zweirädern

	direkte Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Kraftstoffvorkette CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Fahrzeugproduktion CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Entsorgung CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Pkm) (Anteil Vor- & Nachkette)
Kleinkraftrad	91,4	17,8	11,3	1,03	<b>121,5 (25 %)</b>
Kraftrad	77,2	14,2	22,6	2,06	<b>116,0 (33 %)</b>

### 3.2.6 Bahn

Der Bereich des Bahn-Personenverkehrs teilt sich in Anlehnung an den verwendeten Zugtyp in drei Bereiche auf:

- Straßen-, S- und U-Bahn (SSU)
- Nahverkehr

- Fernverkehr

Sowohl der SSU- als auch der Fernverkehr werden fast ausschließlich elektrisch betrieben. Beim Nahverkehr gibt es einen – wenn auch kleinen – Anteil an dieselbetriebenen Zügen. Die direkten Emissionen der Bahn werden TREMOD entnommen (TREM 2009).

**Produktion Kraftstoff**

Da der Bereich des Bahnverkehrs durch den großen Anteil der elektrischen Antriebe kaum direkte Emissionen hat, ist der Aufschlag für die Kraftstoffproduktion im Wesentlichen auf die Stromerzeugung zurück zu führen. Die hierdurch entstehenden Emissionen basieren auf TREMOD (TREM 2009, RENEW 2009).

**Produktion Fahrzeug**

Abhängig von der Größe der Züge fallen bei der Produktion unterschiedlich hohe Mengen an CO<sub>2</sub>e an. Geteilt durch die Personenkilometer pro Fahrzeugleben erhält man den Aufschlag für jede Fahrzeuggruppe. Die Daten zu den Emissionen bei der Produktion der Fahrzeuge sind der ecoinvent-Datenbank entnommen, wobei der Wert für die SSU einer Tram und für den Fernverkehr sowie den Nahverkehr einem Schweizer Fern- bzw. Nahverkehrszug<sup>2</sup> entspricht (ECO 2007), Fahrleistungen und Auslastung entsprechen RENEW (2009).

Tabelle 19: CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch die Fahrzeugproduktion beim Personenbahnverkehr

	CO <sub>2</sub> e Produktion (kg/unit)	Gesamtfahrleistung (km)	Auslastung (Personen)	Aufschlag Produktion (g/Pkm)
Straßen, S- und U-Bahn	63.820	1.500.000	45	<b>0,9</b>
Nahverkehr	322.000	6.800.000	53	<b>0,9</b>
Fernverkehr	1.546.320	20.000.000	220	<b>0,4</b>

**Entsorgung Fahrzeug**

Die Daten für die Entsorgung der Fahrzeuge entsprechen wie bei der Produktion einer Tram und einem Schweizer Fernzug. Durch die hohe Personenbeförderungsleistung ist der Aufschlag pro Pkm durch die Entsorgung gering (ECO 2007, RENEW 2009):

---

<sup>2</sup> Für die Produktion der Fahrzeuge liegen nur Werte aus der Schweiz vor. Da der Beitrag aus der Produktion gering ist und angenommen werden kann, dass sich die deutschen und schweizerischen Fahrzeuge nicht wesentlich unterscheiden, wurden die Werte aus der Schweiz genommen.

Tabelle 20: CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch die Fahrzeugentsorgung beim Personenbahnverkehr

	CO <sub>2</sub> e Entsorgung (kg/unit)	Gesamtfahrleistung (km)	Auslastung (Personen)	Aufschlag Entsorgung (g/Pkm)
Straßen, S- und U-Bahn	2.190	1.500.000	45	<b>0,032</b>
Nahverkehr	1.675	6.800.000	53	<b>0,005</b>
Fernverkehr	8.820	20.000.000	220	<b>0,002</b>

## Ergebnisse

In der folgenden Tabelle sind die gesamten CO<sub>2</sub>e-Emissionen für den Personenbahnverkehr in g/Pkm mit dem prozentualen Anteil der Vor- und Nachkette angegeben (TREM 2009, RENEW 2009, ECO 2007).

Tabelle 21: CO<sub>2</sub>e-Emissionen pro Personenkilometer beim Personenbahnverkehr

	direkte Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Kraftstoffvorkette CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Fahrzeugproduktion CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Entsorgung CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Pkm) (Anteil Vor- & Nachkette)
Straßen, S- und U-Bahn	0,0	85,1	0,9	0,032	<b>86,0</b> (100 %)
Nahverkehr	19,5	77,3	0,9	0,005	<b>97,7</b> (80 %)
Fernverkehr	1,7	52,9	0,4	0,002	<b>54,9</b> (97 %)

### 3.2.7 Flugzeug

Die Gruppe der Flugzeuge für den Personentransport wird wegen der Unterschiede bei den eingesetzten Flugzeugtypen in zwei Gruppen unterteilt:

- Inländischer Flugverkehr
- Grenzüberschreitender Flugverkehr

Die direkten Emissionen der Flugzeuge werden TREMOD entnommen (TREM 2009).

Den grenzüberschreitenden Flugverkehr gilt es wiederum in weitere fünf Gruppen zu unterteilen, da ab einer kritischen Höhe von rund 9.000 m die Klimawirksamkeit der Treibhausgas-Emissionen höher ist, als wenn diese in Bodennähe emittiert werden würden. Je nach Länge der Flüge ist davon auszugehen, dass ein bestimmter Prozentsatz der Flugzeit in dieser Höhe zurückgelegt wird. Je nach Länge der Flugstrecke werden daher die direkten Emissionen mit einem Faktor multipliziert, um die Klimawirksamkeit der Emissionen adäquat abzubilden. Da auch der Inländische Flugverkehr zum Teil über dieser kritischen Höhe stattfindet,

wird auch für diese Gruppe ein RFI-Faktor vorgesehen (IFEU 2009). Abgewichen wird bei Strecken über 1000 km mit einem Faktor von 2,7, da IFEU (2009) nur den innereuropäischen Flugverkehr betrachtet, außereuropäische Flüge und damit auch weitere Entfernungen in dieser Studie jedoch mit einfließen.

Tabelle 22: RFI-Faktoren für den Einfluss der Streckenlänge auf die Wirkung der Emissionen

Distanz Klasse	durchschnittlicher RFI-Faktor
Inländischer Flugverkehr	1,27
500 km	1,27
625 km	1,47
750 km	1,6
1000 km	1,87
>1000 km	2,7

### Produktion Kraftstoff

Auch hier werden die Informationen zu den Emissionen der Kraftstoffvorketten TREMOD entnommen. Da für sehr kurze Distanzen neben Kerosin auch Flugbenzin verwendet wird, weicht der Wert für den inländischen Flugverkehr (14,0 %) leicht von dem des grenzüberschreitenden Flugverkehrs (13,8 %) ab (TREM 2009).

## Produktion Flugzeug

In der folgenden Tabelle sind die Emissionen angegeben, die durch die Produktion eines Flugzeugs pro Personenkilometer anfallen (TREM 2009, ECO 2007, RENEW 2009).

Tabelle 23: CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch die Flugzeugproduktion

	CO <sub>2</sub> e Produktion (kg/unit)	Gesamt- flugleistung (km)	Auslastung (Personen)	Aufschlag Produktion (g/Pkm)
Inländischer Flugverkehr	2.134.040	55.875.000	65	<b>0,4</b>
Grenzüberschreitender Flugverkehr	6.190.000	55.875.000	320	<b>0,4</b>

## Entsorgung Flugzeug

Es können keine Emissionsfaktoren zu der Entsorgung von Flugzeugen abgeleitet werden, da keine Daten über die Emissionen vorhanden sind (ECO 2007). Aufgrund der sehr hohen geleisteten Pkm von Flugzeugen dürfte der Anteil der Entsorgung aber sehr gering sein.

## Ergebnisse

In der folgenden Tabelle sind die gesamten CO<sub>2</sub>-e-Emissionen für den Flugverkehr in g/Pkm mit dem prozentualen Anteil der Vorkette angegeben (TREM 2009, RENEW 2009, ECO 2007).

Tabelle 24: CO<sub>2</sub>e-Emissionen pro Personenkilometer beim Flugverkehr

	direkte Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Kraftstoff- vorkette CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Fahrzeug- produktion CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Aufschlag Entsorgung CO <sub>2</sub> e (g/Pkm)	Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/Pkm) (Anteil Vorkette)
Inländischer Flugverkehr	224,5	25,5	0,4	-	<b>250,4</b> (10,3 %)
< 500 km	150,0	16,8	0,4	-	<b>167,3</b> (10,3 %)
500 – 625 km	173,4	16,8	0,4	-	<b>190,6</b> (9,0 %)
625 – 750 km	188,6	16,8	0,4	-	<b>205,8</b> (8,4 %)
750 – 1000 km	220,1	16,8	0,4	-	<b>237,3</b> (7,3 %)
>1000 km	317,0	16,8	0,4	-	<b>334,3</b> (5,2 %)

### 3.2.8 Carsharing

In Deutschland gibt es mittlerweile mehr als 100 Anbieter von Carsharing. Große Anbieter sind beispielsweise die Cambio-Gruppe in Nordwest-Deutschland, die Stadtmobil-Gruppe in Südwest-Deutschland, das Stattauto München und (überregional) DB Carsharing. Carsharing funktioniert in der Regel in Ballungszentren/größeren Städten gut, in ländlichen/dünn bevölkerten Gebieten gibt es meist kein Carsharing. In der ständig aktualisierten Ortsliste des Bundesverbandes CarSharing e.V. (bcs), dem Dachverband der deutschen Carsharing-Anbieter, sind alle Mitgliedsunternehmen des bcs aufgelistet ([www.carsharing.de](http://www.carsharing.de)).

Die Tarife sind – anders als beim Mietwagen-Verleih – auf kürzere Verleihzeiten und kürzere Strecken optimiert. Bei einer Jahresverkehrsleistung bis zu etwa 5.000 km ist Carsharing in der Regel in der Regel kostengünstiger als ein eigener Pkw.

Nach einer Analyse von DB-Carsharing<sup>3</sup> gibt es vier Kundentypen:

- ökologisch überzeugte Radfahrer und ÖV-Überzeugte
- pragmatisch orientierte ÖV-Nutzer<sup>4</sup>
- pragmatisch orientierte Multimodale/Geschäftsleute
- Fun orientierte Auto-Affine

Die Klimabilanz von Carsharing ist im Durchschnitt günstiger als der Durchschnitt der privat gehaltenen Pkw. Die Klimabilanz wird wesentlich von drei Faktoren beeinflusst:

- der Art der zurückgelegten Wege
- der Art der Fahrzeuge
- dem Verkehrsverhalten der Carsharing-Kunden

Die zurückgelegten Wege sind überwiegend kürzer; wichtige Wegzwecke sind Freizeit, Großeinkauf, private Erledigung und Transport/Umzug. Die Art der Wege ist aber stark von der Nutzergruppe abhängig.

Während frühere Untersuchungen zeigten, dass Carsharing-Nutzer überwiegend ökologisch überzeugte Radfahrer und ÖV-Überzeugte waren und eine geringere Jahreswegstrecke als früher zurücklegten, hat sich dies – vermutlich durch die neuen Nutzergruppen – wieder dem Verhalten des Durchschnitts-Bürgers angeglichen. Nach wie vor ist aber bei Carsharing-Nutzern der Anteil des Umweltverbunds (ÖV, Fahrrad, zu Fuß) höher und umgekehrt die Pkw-Nutzung niedriger als im bundesdeutschen Schnitt.

---

<sup>3</sup> Martin Schmied und Christian Hochfeld, „Eine ökologische Bewertung der neuen intermodalen Verkehrsangebote DB-Carsharing und Call-a-Bike“, Berlin 2004

<sup>4</sup> Nutzer von öffentlichen Verkehrsmitteln

Die im Carsharing eingesetzten Fahrzeuge sind deutlich kleiner als der deutsche Pkw-Bestand (die Fahrzeugklassen „Mini“ und „Kleinwagen“ haben überdurchschnittliche Anteile). Die Pkw haben sehr hohe Jahresfahrleistungen. Dies führt erstens dazu, dass der Produktionsaufwand pro gefahrenem Kilometer geringer ist als im allgemeinen Pkw-Bestand, zweitens dazu, dass die Fahrzeuge schneller ausgetauscht werden und im Schnitt ein deutlich jüngeres Baujahr haben als im allgemeinen Pkw-Bestand. Bei DB-Carsharing sind die CO<sub>2</sub>-Emissions-Werte der Pkw rund 16% niedriger als im Pkw-Bestand.

Aus Klimaschutzsicht kann Carsharing damit klar empfohlen werden.

### 3.2.9 Pedelecs

Seit wenigen Jahren gibt es einen Aufschwung bei den Pedelecs. Die Pedelecs fahren nur mit (leichtem oder starkem) Zutreten und dürfen u. a. nur eine Höchstgeschwindigkeit bis 25 km/h haben. Dann werden sie werden behandelt wie normale Fahrräder, man braucht also weder Helm, noch Führerschein noch Versicherungsnachweis. Stärkere oder schnellere Elektrofahrräder werden dagegen als Mofa/Kleinkrafträder eingestuft. Die Reichweite beträgt je nach Akku etwa 40 – 50 km oder mehr.

Die Akkus halten etwa 3 – 5 Jahre und ca. 1.000 Ladezyklen (mit abnehmender Leistung). Für die Pedelecs gibt es bislang keine Ökobilanz oder einen Product Carbon Footprint. Der Stromverbrauch liegt im flachen Gelände bei ca. 1 kWh pro 100 km (entsprechend rund 0,65 kg CO<sub>2</sub>e pro 100 km bzw. zum Vergleich mit den Angaben für Pkw: 6,5 g/km). Bei Steigungen, Gegenwind und schwereren Lasten kann der Stromverbrauch deutlich höher liegen.

Pedelecs eignen sich insbesondere für Personen, die längere Wege zurücklegen wollen, die regelmäßig größere Steigungen überwinden müssen, mit Kinderanhänger oder schwerem Gepäck fahren, die leistungsmäßig eingeschränkt sind oder die einfach bequemer fahren wollen.

Pedelecs bieten sich aufgrund ihres Leistungsspektrums besonders dazu an, Fahrten mit dem Pkw zu ersetzen, da etwa 2/3 aller Autofahrten kürzer als 10 km und 1/4 aller Autofahrten kürzer als 2 km sind<sup>5</sup>!

---

<sup>5</sup> DIW, Verkehr in Zahlen, Berlin, 2006

### 3.3 Güterverkehr

#### 3.3.1 Güterbahnverkehr

Auch für den Schienengüterverkehr werden die direkten Emissionen TREMOD entnommen (TREM 2009).

##### Produktion Kraftstoff

Auch der Güterverkehr bei der Bahn wird zu einem großen Anteil elektrisch betrieben. Auch hier werden die Emissionen des Bahnstrommixes TREMOD entnommen (TREM 2009).

##### Produktion Fahrzeug

Mit der Bahn werden sehr unterschiedliche Güter in sehr unterschiedlichen Mengen pro Zug transportiert. Daher sind in ecoinvent keine Angabe für die Herstellung eines Güterzuges, sondern lediglich für die Herstellung einer Güterzug-Lokomotive und eines Güterwagens hinterlegt. Die Angaben für den Güterwagen beruhen auf einem durchschnittlichen Wagen (TREM 2009, ECO 2007).

Das durchschnittliche Gewicht eines Güterzuges (524 Tonnen) wird abzüglich des Gewichtes der Lok (ca. 77 Tonnen) durch das Gewicht eines durchschnittlichen Güterwagens (23,5 Tonnen) geteilt. Damit ergibt sich eine durchschnittliche Länge eines Güterzuges von 19 Wagen. Darauf basierend werden die entsprechenden Emissionen für die Produktion und die Entsorgung berechnet (ECO 2007, RENEW 2009).

Tabelle 25: CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch die Güterzugproduktion

	CO <sub>2</sub> e Produktion (kg/unit)	Gesamt- fahrleistung (km)	Auslastung (Tonnen)	Aufschlag Produktion (g/tkm)
Güterzug (19 Wagen)	1.410.000	2.000.000	434	1,6

##### Entsorgung Fahrzeug

In der folgenden Tabelle sind die Emissionen angeben, die durch die Entsorgung eines Güterzuges pro Tonnenkilometer anfallen (TREM 2009, ECO 2007, RENEW 2009).

Tabelle 26: CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch die Güterzugentsorgung

	CO <sub>2</sub> e Entsorgung (kg/unit)	Gesamt- fahrleistung (km)	Auslastung (Tonnen)	Aufschlag Entsorgung (g/tkm)
Güterzug (19 Wagen)	39.240	2.000.000	434	<b>0,05</b>

## Ergebnisse

In der folgenden Tabelle sind die gesamten CO<sub>2</sub>e-Emissionen für den Güterbahnverkehr in g/tkm mit dem prozentualen Anteil der Vor- und Nachkette angegeben (TREM 2009, RENEW 2009, ECO 2007).

Tabelle 27: CO<sub>2</sub>e-Emissionen pro Tonnenkilometer beim Güterbahnverkehr

	direkte Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/tkm)	Aufschlag Kraftstoff- vorkette CO <sub>2</sub> e (g/tkm)	Aufschlag Fahrzeug- produktion CO <sub>2</sub> e (g/tkm)	Aufschlag Entsorgung CO <sub>2</sub> e (g/tkm)	Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/tkm) (Anteil Vor- & Nachkette)
Güterzug	4,9	23,6	1,6	0,05	<b>30,3 (84 %)</b>

### 3.3.2 Güterstraßenverkehr

Für den Transport von Gütern auf der Straße werden drei Fahrzeugkategorien eingesetzt:

- Leichte Nutzfahrzeuge (NFZ) – <3,5 Tonnen
- Lkw – 3,5 bis 32 Tonnen
- Sattel- und Lastzüge >32 Tonnen

Die direkten Emissionen der Lkw werden TREMOD entnommen (TREM 2009).

#### Produktion Kraftstoff

Bei Lastkraftwagen entfällt der Anteil der Emissionen für die Kraftstoffvorkette hauptsächlich auf die Dieselproduktion (Aufschlag 14,3 %). Lediglich bei den leichten Nutzfahrzeugen gibt es einen Anteil von etwa 10 %, die mit Ottomotoren betrieben werden. Für diese Gruppe entspricht der Anteil der Vorkette dem des gewichteten Mittelwertes aus Benzin und Diesel (14,8 %) (TREM 2009).

#### Produktion Fahrzeug

Da in der ecoinvent-Datenbank die Werte für die Herstellung nach den Gruppen LNF, 16 t, 28 t und 40 t differenziert sind, in TREMOD aber deutlich mehr Unterteilungen angegeben

werden, wird für die Gruppe Lkw nach den anteiligen Fahrleistungen ein gewichteter Mittelwert gebildet, wobei die Gewichtsklassen folgende Anteile an der Fahrleistung haben:

- < 7,5 Tonnen = 29 %
- 7,5 – 12 Tonnen = 9 %
- > 12 Tonnen = 63 %

Für die Gruppe der Sattel- und Lastzüge wird ein einfacher Mittelwert gebildet (ECO 2007, TREM 2009, RENEW 2009).

Tabelle 28: CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch die Lkw-Produktion

	CO <sub>2</sub> e Produktion (kg/unit)	Gesamt- fahrleistung (km)	Auslastung (Tonnen)	Aufschlag Produktion (g/tkm)
Leichte Nutzfahrzeuge	7.590	243.000	0,3	<b>104,1</b>
Lkw	20.900	545.140	2,6	<b>14,9</b>
Sattelzüge	36.970	720.000	9,3	<b>5,5</b>

### Entsorgung Fahrzeug

In der folgenden Tabelle sind die Emissionen angegeben, die durch die Entsorgung von Lastkraftwagen pro Tonnenkilometer anfallen (TREM 2009, ECO 2007, RENEW 2009).

Tabelle 29: CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch die Lkw-Entsorgung

	CO <sub>2</sub> e Entsorgung (kg/unit)	Gesamt- fahrleistung (km)	Auslastung (Tonnen)	Aufschlag Entsorgung (g/tkm)
Leichte Nutzfahrzeuge	104	243.000	0,3	<b>1,4</b>
Lkw	834	545.140	2,6	<b>0,6</b>
Sattelzüge	1670	720.000	9,3	<b>0,2</b>

## Ergebnisse

In der folgenden Tabelle sind die gesamten CO<sub>2</sub>e-Emissionen für den Güterstraßenverkehr in g/tkm mit dem prozentualen Anteil der Vorkette angegeben (TREM 2009, RENEW 2009, ECO 2007).

Tabelle 30: CO<sub>2</sub>e-Emissionen pro Tonnenkilometer beim Lkw-Verkehr

	direkte Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/tkm)	Aufschlag Kraftstoffvorkette CO <sub>2</sub> e (g/tkm)	Aufschlag Fahrzeugproduktion CO <sub>2</sub> e (g/tkm)	Aufschlag Entsorgung CO <sub>2</sub> e (g/tkm)	Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/tkm) (Anteil Vor- & Nachkette)
Leichte Nutzfahrzeuge	892,5	132,4	104,1	1,43	<b>1130,4</b> (21 %)
Lkw	238,3	34,1	14,9	0,59	<b>287,9</b> (17 %)
Sattelzüge	77,5	11,1	5,5	0,25	<b>94,4</b> (18 %)

### 3.3.3 Schiffe

Die Gruppe der Schiffe im Güterverkehr wird nach den folgenden drei Kategorien getrennt betrachtet:

- Binnenschiffe
- Hochsee Massenguttransporter
- Hochsee Containerschiff

Zu der Kategorie der Massengutfrachter zählen sowohl Schiffe mit flüssiger als auch mit fester Ladung, da diese von ihrem Aufbau und ihren Betriebsemissionen sehr ähnlich sind. Die direkten Emissionen der Binnenschiffe werden TREMOD entnommen. Die Betriebsemissionen der Massengutfrachter und Containerschiffe werden auf Grundlage der Datenbank von LLOYDS berechnet (LLOYD 2009). Für die Berechnung werden folgende Annahmen getroffen: Für die Massengutfrachter wurde eine Auslastung von 55 % und für die Containerschiffe von 70 % angenommen (IMO 2009). Des Weiteren wird zur Umrechnung von *TEUkm* in *tkm* eine durchschnittliche Auslastung der Container von 10,5 t/TEU angesetzt, was auf eigenen Auswertungen von Hafenstatistiken basiert. Die Transportgeschwindigkeit wird 4 % niedriger als die Auslegungsgeschwindigkeit angenommen, womit sich eine Maschinenleistung von 80 % ergibt.

#### Produktion Kraftstoff

Da bei Binnenschiffen als Kraftstoff eine Form des normalen Diesels (mit leicht höherem Schwefelanteil) und bei Hochseeschiffen Schweröl eingesetzt wird, werden für diese beiden Kategorien unterschiedliche Aufschläge für die Kraftstoffvorkette verwendet. Für Binnen-

schiffe wird ein Aufschlag von 14,3 % und für Hochseeschiffe ein Aufschlag von 13,6 % hinterlegt (TREM 2009, LLOYD 2009).

### Produktion Fahrzeug

In der folgenden Tabelle sind die Emissionen angegeben, die durch die Produktion von Schiffen pro Tonnenkilometer anfallen (TREM 2009, ECO 2007, LLOYD 2009).

Tabelle 31: CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch die Schiffsproduktion

	CO <sub>2</sub> e Produktion (kg/unit)	Gesamtfahrleistung (km)	Auslastung (Tonnen)	Aufschlag Produktion (g/tkm)
Binnenschiffe	824.000	1.000.000	1.100	<b>0,9</b>
Hochsee Massengutfrachter	11.200.000	4.852.200	29.400	<b>0,1</b>
Hochsee Containerschiff	33.206.608	6.670.800	22.400	<b>0,2</b>

### Entsorgung Fahrzeug

Es können keine Emissionsfaktoren zu der Entsorgung von Schiffen abgeleitet werden, da keine Daten über die Emissionen vorhanden sind (ECO 2007, TREM 2009, LLOYD 2009). Aufgrund der sehr hohen tkm-Leistung dürfte der Anteil der Entsorgung pro tkm aber sehr klein sein.

### Ergebnisse

In der folgenden Tabelle sind die gesamten CO<sub>2</sub>e-Emissionen für den Güterschiffsverkehr in g/tkm mit dem prozentualen Anteil der Vorkette angegeben (ECO 2007, TREM 2009, LLOYD 2009).

Tabelle 32: CO<sub>2</sub>e-Emissionen pro Tonnenkilometer beim Schiffsverkehr

	direkte Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/tkm)	Aufschlag Kraftstoffvorkette CO <sub>2</sub> e (g/tkm)	Aufschlag Fahrzeugproduktion CO <sub>2</sub> e (g/tkm)	Aufschlag Entsorgung CO <sub>2</sub> e (g/tkm)	Emissionen CO <sub>2</sub> e (g/tkm) (Anteil Vorkette)
Binnenschiffe	30,8	4,4	0,9	-	<b>36,0 (15 %)</b>
Hochsee Massengutfrachter	6,4	0,9	0,1	-	<b>7,4 (13 %)</b>
Hochsee Containerschiff	15,1	2,0	0,2	-	<b>17,3 (13 %)</b>

### 3.4 Schlussfolgerungen Mobilität

#### 3.4.1 Zentrale Schlussfolgerungen

Reine PCF sind im Vergleich zu einer umfassenden Ökobilanz nur beschränkt aussagefähig, weil weitere relevante Umweltauswirkungen wie etwa Schadstoffemissionen (Benzol, Partikel, Schwefeldioxid, Stickoxide, VOC), Lärm oder Flächenverbrauch nicht berücksichtigt werden. Innerhalb von vergleichbaren Fahrzeugsystemen (z.B. Pkw untereinander) können die PCF für Vergleiche sehr gut genutzt werden.

Die aktuelle Übersicht zu den durchschnittlichen PCF-Werten bestätigt bisherige Bewertungen klar (siehe nachfolgend Pkt. 1 – 6):

#### **(1) Kleine Fahrzeuge sind deutlich besser als große Fahrzeuge:**

- Der PCF von großen Pkw (Otto) im Bestand des Jahres 2005 ist im Durchschnitt pro Personenkilometer rund 63 % höher als bei kleinen Pkw (dies gilt vergleichbar bei den Fahrzeugkilometern). Bei den Neuzulassungen des Jahres 2007 nimmt der Unterschied geringfügig ab (je rund 62 % pro Personenkilometer und pro Fahrzeugkilometer).
- Der PCF von großen Pkw (Diesel) im Bestand des Jahres 2005 ist im Durchschnitt pro Personenkilometer etwa 76 % höher als bei kleinen Pkw (dies gilt vergleichbar bei den Fahrzeugkilometern). Bei den Neuzulassungen des Jahres 2007 nimmt der Unterschied deutlich ab (59 % pro Personenkilometer und pro Fahrzeugkilometer), liegt aber mit knapp 60 % immer noch sehr hoch.

#### **(2) Diesel-Pkw sind im Durchschnitt besser als Pkw mit Otto-Motor:**

Bei den Pkw im Bestand des Jahres 2005 liegt der PCF pro Personenkilometer im Durchschnitt bei den Pkw mit Otto-Motor deutlich höher als bei den Dieselfahrzeugen (27 % bei den großen Fahrzeugen, 36 % bei den mittleren Fahrzeugen und 37 % bei den kleinen Fahrzeugen). Bei den Neuzulassungen ist der Abstand geringer geworden (21 % bei den großen Fahrzeugen, 20 % bei den mittleren Fahrzeugen und 19 % bei den kleinen Fahrzeugen). Zu beachten ist aber, dass die Schadstoffemissionen – NO<sub>x</sub> und Partikel – von Diesel-Pkw zum Teil deutlich über denen des Otto-Pkw liegen und damit vor allem in stark belasteten Gebieten wie Großstädten bezogen auf den Schutz der Gesundheit schlechter zu bewerten sind als ottomotorische Fahrzeuge.

#### **(3) Der ÖPNV ist deutlich besser als durchschnittliche Pkw:**

Der ÖPNV (Linienbus mit 86 g/Pkm; S- und U-Bahnen mit 86 g/Pkm und Bahn im Nahverkehr mit 98 g/Pkm) ist schon statistisch deutlich besser als die neuzugelassenen Durch-

schnitts-Pkw (124 g/Pkm für kleine Diesel-Pkw bis 238 g/Pkm für große Pkw mit Otto-Motor) – bei einer durchschnittlichen Besetzung. Real ist der ÖPNV noch viel besser, weil die Angaben für Pkw den Durchschnittsverbrauch auch das Fahren auf Landstrassen und Autobahn umfassen – der Innerorts-Verbrauch von Pkw mit seinen vielen Start-Stopp-Vorgängen liegt damit noch einmal höher.

**(4) Der öffentliche Fernverkehr mit Bus oder Bahn ist deutlich besser als Pkw und viel besser als das Flugzeug:**

Reisebusse mit 37 g/Pkm und Bahn-Fernverkehr mit 55 g/Pkm sind deutlich besser als Pkw und viel besser als innerdeutscher Flugverkehr (258 g/Pkm bei Entfernungen bis 500 km).

**(5) Langstreckenflüge sind besonders klimarelevant**

Dies gilt nicht nur wegen den längeren Strecken pro Reise, sondern auch bei der Emission pro Personenkilometer, die bei Langstreckenflügen mit großer Flughöhe ansteigt (hier gibt es einen zusätzlichen Treibhauseffekt durch die Bildung von Cirrus-Wolken).

**(6) Der PCF der Verkehrsmittel wird von der Nutzungsphase dominiert:**

Der Anteil von Herstellung/Entsorgung am Gesamt-PCF liegt bei Fahrzeugen im Bestand im Durchschnitt zwischen rund 23 % bei kleinen Diesel-Pkw und etwa 12 % bei großen Pkw mit Otto-Motor (bezogen auf Fahrzeug-Kilometer). Bei höheren Fahrleistungen nimmt der Anteil der Herstellung/Entsorgung prozentual ab.

### 3.4.2 Tipps für Verbraucher

- Die „klassischen“ Tipps für Verbraucher zur Verringerung von Energieverbrauch und Treibhausgas-Emissionen im Verkehr können bestätigt werden. Private Haushalte haben damit mehrere Möglichkeiten, zu einer Minderung der Treibhausgas-Emissionen im Verkehrsbereich beizutragen.

Tabelle 33: Einsparpotenziale

	Reduktions- Potenzial <sup>6</sup> groß++ mittel +	Kostenein- sparung groß ++ mittel +	Schnell – und/oder Leicht umsetzbar	Leichte oder Deutliche Verhaltens- Änderung
<b>Wahl emissionsärmerer/-freier Verkehrsmittel</b>				
Fahrrad, zu-Fuß-gehen	++	++	SL	L
Überwiegend ÖPNV statt Pkw	+	+	abhängig vom Ort	D
Überwiegend Fernbahn statt Pkw oder Flugzeug	+		abhängig vom Ort	D
Carsharing	+	+	L	D
Fahrgemeinschaften	+	+	L	L
Neukauf eines Pkw: Niedrigverbrauchsauto	++	++	L	L
<b>Minderung des spezifischen Kraftstoff- verbrauchs</b>				
Ausstattung mit Leichtlaufölen und -reifen	+	+	L	L
Keine unnötige Zuladung, Dachgepäckträger, zu niedriger Reifendruck etc.)	+	+	SL	L
Moderates Kraftstoff sparendes Fahren (inklusive Leichtöl/Leichtlaufreifen, keine unnötige Zuladung etc.)	++	+	SL	L bis D
<b>Verkehrsvermeidung</b>				
gezielte Wahl von Wohnort und Arbeitsort	++	++		D
Beruflich und privat: Telefon- oder Video- konferenzen	+	++	L	L bis D
Reduktion von besonders klimarelevanten Reisen (Ferienflüge etc.)	++	++	SL	D

Übergreifend können die möglichen Maßnahmen in folgende drei Bereiche unterteilt werden:

- Wahl emissionsärmerer/-freier Verkehrsmittel
- Minderung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs
- Verkehrsvermeidung

Die Einsparpotenziale werden in der Tabelle 34 charakterisiert, wobei unbedingt zu beachten ist, dass die Art der Einsparpotenziale, der Aufwand und die Kosten im Einzelnen von den geographischen Rahmenbedingungen, Siedlungsstrukturen, Verkehrsanbindung und persönlichen Rahmenbedingungen abhängt (In Großstädten fällt Carsharing leicht, in dünn be-

<sup>6</sup> Als großes Treibhausgas-Potential werden mehrere Hundert kg CO<sub>2</sub>e pro Jahr definiert, als großes Einsparpotential mehrere Hundert Euro pro Jahr.

siedelten Gebieten gibt es das oft gar nicht etc.). Die Kostenabschätzung von öffentlichem Verkehr hängt beispielsweise stark davon ab, ob der Pkw beibehalten wird oder nicht.

### 3.5 Empfehlungen für die Politik

Die „klassischen“ Empfehlungen für Klimaschutz-Maßnahmen im Mobilitätsbereich können bestätigt werden:

**Förderung effizienter Pkw:** Derzeit ist das wichtigste politische Instrument zur Unterstützung der Einführung CO<sub>2</sub>-armer Pkw die EU-Verordnung über CO<sub>2</sub>-Grenzwerte für neu zugelassene Pkw. Diese ist am 23. April 2009 veröffentlicht worden und sieht einen Grenzwert von 130 g/Fzkm in 2012/2015 und eine Fortschreibung auf 95 g/Fzkm für das Jahr 2020 vor (EC No 443/2009).

Folgende drei Maßnahmen können in diesem Zusammenhang empfohlen werden:

- Ambitionierte Fortschreibung dieser Grenzwerte
- Einführung eines realistischeren Prüfzyklus für den Kraftstoffverbrauch
- Einbeziehung der Vorketten und weiterer Treibhausgase als nur CO<sub>2</sub> bei der verpflichtenden Angabe der Emissionen von Neuwagen

Aber nicht nur Maßnahmen auf der Angebots-, also Herstellerseite, sind von Bedeutung, sondern auch solche, die eine Lenkungswirkung beim Kaufverhalten hin zu effizienteren Pkw erzielen können, also die Nachfrageseite adressieren. Eine Maßnahme auf europäischer Ebene, die in diese Richtung zielt, ist die sogenannte Labelling-Richtlinie 1999/94/EG, die die Hersteller verpflichtet, Verbraucherinformationen zu Kraftstoffverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen bereitzustellen. Unterstützt wird eine Lenkungswirkung Richtung effizienterer Pkw auch durch die CO<sub>2</sub>-bezogenen Kfz-Steuer für Pkw.

**Förderung des ÖPNV:** Voraussetzungen für eine Steigerung der ÖPNV-Nachfrage sind ein gut ausgebautes Streckennetz, moderne und effiziente Fahrzeuge, Tariftransparenz sowie ein kundenorientiertes Angebot der Verkehrsdienstleistung, was unter anderem kurze Entfernungen zur nächsten Haltestelle und eine hohe Taktfrequenz umfasst. Von politischer Seite kann dies – unabhängig von entsprechend ausgerichteter ÖPNV-Förderung seitens Bund, Ländern und Gemeinden – durch Restriktionen für den MiV, wie beispielsweise City-Maut, Parkraummanagement und Verknappung der Parkraumflächen, gefördert werden.

**Verlagerung auf die Bahn:** Die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Bahn ist eine wesentliche Voraussetzung für einen höheren Anteil des Schienenverkehrs an der Personenverkehrsleistung. Maßnahmen im Schienenverkehr zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit sind ein Ausbau der Infrastruktur, der Abbau der Netzzugangsbeschränkungen,

eine Verbesserung des Angebots durch stärkere Orientierung an den Bedürfnissen der Kunden, wie ein einheitliches Fahrplaninformationssystem, hohe Flexibilität, ein attraktives Preissystem, die Schaffung dichter Netze mit hohen Bedienfrequenzen und kürzere Reisezeiten durch verbesserte Fahrzeugtechnik. Unterstützt werden kann eine Verlagerung hin zur Bahn durch Restriktionen und finanzielle Mehrbelastungen des motorisierten Individualverkehrs – wie höhere Kraftstoffsteuern oder Straßenbenutzungsgebühren – und des Flugverkehrs durch die Einführung einer Kerosinsteuer.

**Förderung des Rad- und Fußverkehrs:** Um die Potenziale des Rad- und Fußverkehrs im Alltagsverkehr zu nutzen, müssen diese Alternativen auch im Vergleich zum Pkw als bequem und sicher wahrgenommen werden. Die Mindestvoraussetzung hierfür sind Investitionen in eine ausgeprägte Infrastruktur, die nicht nur Fahrrad- und Fußwege einschließt, sondern zum Beispiel auch für ein sicheres Aufbewahren der Fahrräder und ein bequemes Umsteigen in den ÖPNV sorgt. Ergänzt werden die Infrastrukturanforderungen durch diverse Dienstleistungen rund um das Fahrrad und einer entsprechenden Öffentlichkeitsarbeit.

## 4 Lebensmittel

Ein Durchschnittshaushalt<sup>7</sup> konsumierte im Jahr 2000 etwa 500 kg Nahrungsmittel – davon rund 27 Prozent Milchprodukte, 21 Prozent Gemüse, 15 Prozent Obst, 11 Prozent Brot und Backwaren, 10 Prozent Fleisch und 10 Prozent Kartoffeln und Teigwaren (den Rest bilden Öle, Fette, Eier, Zucker etc.). Die Pro-Kopf-Emissionen werden insgesamt auf 1,74 t CO<sub>2</sub>e beziffert (IFEU 2007). Nach WZU teilen sich die Treibhausgas-Emissionen auf die einzelnen Lebensmittelgruppen wie folgt auf (WZU 2004):

Tabelle 35: CO<sub>2</sub>-Äquivalente aus dem Bereich Ernährung

Lebensmittel-Gruppen	Anteile
Milchprodukte	39 %
Fleisch	26 %
Transporte (ohne Flugtransporte)	8 %
Backwaren	7 %
Obst	6 %
Sonstige	6 %
kalte Getränke	4 %
Süßwaren	3 %
Gemüse	1 %

Quelle: WZU 2004

Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Daten von IFEU 2007 und WZU 2004 nicht konsistent sind, so dass eher die Größenordnungen relevant sind.

### 4.1 Lebensmittelzubereitung

Die Lagerung bzw. Kühlung von Lebensmitteln, das Kochen/Backen und das Spülen des Geschirrs sind in den obigen Zahlen nicht enthalten, sondern dem Strombereich zugeordnet. Die Stromverbrauchswerte und entsprechenden zusätzlichen Treibhausgas-Emissionen eines durchschnittlichen Zwei-Personen-Haushalts für diese drei Bereiche sind in der nachfolgenden Tabelle wiedergegeben. Die Treibhausgas-Emissionen liegen für diese Bereiche bei 690 kg (Zwei-Personen-Haushalt) bzw. 345 kg CO<sub>2</sub>e pro Person eines Zwei-Personen-

<sup>7</sup> Ein Durchschnittshaushalt umfasst statistisch 2,1 Personen und liegt damit nahe bei Zwei-Personen-Haushalt.

Haushalts (für Ein-Personen-Haushalte liegt keine vergleichbare Aufschlüsselung vor, der Stromverbrauch liegt aber anteilig höher).

Tabelle 36: Durchschnittliche Treibhausemissionen der Lebensmittel-Verarbeitung im Haushalt (2-Personen-Haushalt)

Aktivitäten	Stromverbrauch in kWh/Jahr	Treibhausgas-Emissionen in kg CO <sub>2</sub> e/Jahr
Kühlen	250	160
Gefrieren	280	179
Kochen und Backen	350	224
Spülen	200	128
gesamt	1.080	690

Quelle: Eigene Berechnung nach Verbraucherzentrale NRW und Öko-Institut; „99 Wege Strom zu sparen“, Düsseldorf/Freiburg 2009

Besonders hohe Einsparpotentiale gibt es in den Bereichen Kühlen und Gefrieren, sowie Kochen und Backen.

Beim Kühlen und Gefrieren sind wesentliche Einsparungen möglich durch

- die Art der Geräte (Beispiel: Verzicht auf Gefriergerät; durchschnittliche Einsparung rund 180 kg CO<sub>2</sub>e)
- die Größe der Geräte (Beispiel: Kühlschrank mit Gefrierfach (156 l/ 22 l; Energieeffizienz A) mit 252 kWh jährlicher Stromverbrauch versus Kühlschrank mit Gefrierfach (103 l/13 l; Energieeffizienz A) mit 185 kWh jährlicher Stromverbrauch:  
Einsparung 27 %)
- die Energieeffizienz der Geräte (Beispiel: Kühlschrank mit Gefrierfach (103 l/13 l; Energieeffizienz A und Stromverbrauch 185 kWh) versus Kühlschrank mit Gefrierfach (103 l/13 l; Energieeffizienz A<sup>++</sup> mit Stromverbrauch 129 kWh): Einsparung 30 % kombiniert mit Verzicht auf Gefriergerät und Kauf eines Kühlschranks mit Gefrierfach (103 l/ 13 l; Energieeffizienz A<sup>++</sup> mit Stromverbrauch 129 kWh): Einsparung gegenüber den 530 kWh eines Durchschnittshaushalts = 76 %)

Beim Kochen und Backen gibt es wesentliche Einsparmöglichkeiten durch die Art des Herdes (klassischer Elektrokochplattenherd verbraucht am meisten; Induktionsherd ca. 20 – 25 % weniger Strom, Gasherd ca. 45 % weniger Primärenergie). Darüber hinaus kann man

durch verschiedene Maßnahmen beim Kochen und Backen Energie einsparen, siehe ausführlich VZ NRW/Öko-Institut 2009, S. 10f).

Ein Elektroherd mit 350 kWh<sub>elektrisch</sub> Stromverbrauch verursacht jährlich Treibhausgas-Emissionen in Höhe von 224 kg CO<sub>2</sub>e, ein vergleichbarer Gasherd mit einem Gasverbrauch von 490 kWh<sub>thermisch</sub> verursacht jährlich 123 kg CO<sub>2</sub>e.

## 4.2 Übersicht zu Lebensmitteln

Zu Lebensmitteln wurden 177 Studien mit der Beschreibung von 529 Produkten ausgewertet. Die Studien stammen von Institutionen (wie The Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK), dem Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), der britische Carbon Trust oder vom Öko-Institut), von Herstellern oder Handel (z.B. der Supermarktkette Casino) und Einzelveröffentlichungen in Fachzeitschriften (z.B. aus dem „The International Journal of Life Cycle Assessment“).

Die Auswertung erfolgte nach folgenden Produktgruppen:

- Backwaren
- Fischprodukte
- Fleischprodukte
- Getränke
- Milchprodukte
- Obst und Gemüse
- Convenience-Produkte sowie
- Sonstige Produkte

Aufgrund der unterschiedlichen Transparenz und Dokumentation der Studien wurde jeweils die Qualität der Studien im Hinblick auf eine Auswertbarkeit mit vertretbarem Aufwand eingestuft:

**Studie Typ A:** beruht auf einer gängigen und benannten Methodik (LCA oder PAS 2050) und schlüsselt den PCF entlang der Produktlinie auf (Auswertung: 47 Studien mit 164 Produkten).

**Studie Typ B:** beruht auf einer gängigen und benannten Methodik (LCA oder PAS 2050); schlüsselt aber den PCF entlang der Produktlinie nicht auf (Auswertung: 30 Studien mit 68 Produkten).

**Studie Typ C:** mehr oder weniger unvollständige Studien, die die Kriterien von Typ A oder B nicht erfüllen und nicht sinnvoll auswertbar sind (möglicherweise sind einzelne dieser Studien durchaus mit hoher Qualität bearbeitet worden, aber dann eben schlecht dokumentiert (Auswertung: 100 Studien mit 297 Produkten).

Bei der Auswertung wurde deutlich, dass die Studien geographisch unterschiedliche Bilanzgrenzen haben und in sehr unterschiedlichem Ausmaß – fast schon beliebig! – Teile der Produktlinie einbeziehen. Sehr häufig werden Verpackungen, Kühlung im Handel, Kühlung im Verbraucherhaushalt und notwendige Verarbeitungsprozesse (z.B. bei Kartoffeln) nicht einbezogen. Einige wenige Studien beziehen die Einkaufsfahrt der Verbraucher ein, die meisten Studien dagegen nicht. Bei vielen Studien ist die Methodik der Bilanzierung nicht beschrieben, und es ist auch nicht klar, welche Teile der Produktlinie einbezogen wurden und welche nicht. Ebenso gibt es häufige methodische Fehler. Beispielsweise wird Bier in der Regel gekühlt, aber die entsprechenden Studien bilanzieren die Kühlung nicht.

In der Praxis würden darüber hinaus viele Vergleiche in die Irre führen – so kann man zwar die PCF-Werte von unverarbeiteten Kartoffeln und Karotten vergleichen, aber Kartoffeln kann man nicht roh essen – Karotten dagegen sehr wohl. Beim Vergleich der Produkte auf Kilo-Basis muss auch berücksichtigt werden, dass man manche Lebensmittel nur in kleineren Mengen zu sich nimmt (z.B. Butter), andere dagegen in höheren Mengen (z.B. Milch).

Es gibt praktisch keine Studien, die vergleichbare Bilanzgrenzen haben, so dass die Angabe von konkreten Einzelwerten wenig Sinn macht. Stattdessen wurden für die einzelnen Lebensmittelgruppen aus den einigermaßen akzeptablen Studien die „Bandbreiten“ ermittelt und ein „Mittelwert“ gebildet. Streng genommen sind das aber keine echten Bandbreiten oder echte Mittelwerte, da bei den unterschiedlichen Veröffentlichungen ja jeweils unterschiedliche Bilanzgrenzen angelegt wurden. Die Werte sind insofern eher als **ca-Werte** zu verstehen, die eine Vorstellung von der Größenordnung des PCF der jeweiligen Produktgruppe geben. Zu einzelnen Produkten gibt es nur jeweils eine einzige Veröffentlichung. Hier ist unklar, inwieweit die angegebenen Werte repräsentativ sind.

Generell muss darauf hingewiesen werden, dass mit der Erfassung des PCF eine Reihe weiterer relevanter Umweltaspekte von Lebensmitteln nicht erfasst wird, wie etwa Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und Biodiversität, Einsatz von Pestiziden, Wasserverbrauch, Schadstoffbelastung oder Zusatzstoffe von Lebensmitteln. Auch wenn bei vielen Bio-Produkten der PCF aufgrund des Anbaus niedriger als der von konventionellen Produkten liegt, ist es durchaus möglich, dass ein konventionelles Produkt einen niedrigeren PCF als ein Bio-Produkt hat (wenn es beispielsweise bei der Verarbeitung oder der Logistik günstiger abschneidet). Mit der ausschließlichen Betrachtung des PCF kann es zu Fehlentscheidungen kommen. Sinnvoll wäre es allerdings, mittelfristig das Bio-Siegel um die noch fehlenden Kriterien Energieverbrauch und Treibhausgaspotenzial zu ergänzen.

### 4.3 Datenaufwand zur Ermittlung des PCF von Lebensmitteln

Der Anteil von Lebensmitteln an den Pro-Kopf-Emissionen liegt in Deutschland in der Größenordnung bei 1,74 Tonnen CO<sub>2</sub>e und damit bei rund 15 %. Je nach Abgrenzung (mit oder ohne Getränke, mit oder ohne Außer-Haus-Verzehr, mit oder ohne Verpackungen, mit und ohne Kühlung und Kochen) finden sich dazu allerdings unterschiedliche Zahlen. Die

1,74 Tonnen verteilen sich allerdings auf Tausende unterschiedlicher Lebensmittel und Hunderte von Einkäufen. Der PCF einzelner Lebensmittel liegt in der Größenordnung von einigen Dutzend Gramm bis mehreren Kilo CO<sub>2</sub>e.

Die Bestimmung des PCF von Lebensmitteln ist in der Regel aufwändig und erfordert vor allem dann viel Aufwand und Kosten, wenn spezifische (und nicht generische) Daten erhoben werden sollen.

Die Gründe für den hohen Datenaufwand sind:

- sehr viele und unterschiedlich große Agrarbetriebe
- häufige Wechsel der Zulieferer
- starke Unterschiede in der Art des Anbaus
- jährlich und saisonal schwankende Erträge
- viele unterschiedliche Verarbeitungstechniken und -betriebe
- eine Bandbreite von relativ einfachen Produkten wie Äpfel oder Bananen bis hin zu komplexeren Convenience-Produkten
- sehr unterschiedliche Transportwege – von regional bis global, vom Traktor bis zum Flugzeug
- hoher und zeitabhängiger Einfluss von Lagerhaltung und Kühlung
- eine Vielzahl unterschiedlicher Packungsgrößen und Verpackungen
- unterschiedliche Zubereitungsarten und große Unterschiede zwischen Convenience-Produkten und selbst zubereiteten Produkten

Aus den genannten Gründen können die PCF-Werte von Lebensmitteln erheblich schwanken, und es können zum Teil erhebliche Reduktionspotenziale abgeleitet werden. Es ist daher sinnvoll, den PCF von Lebensmitteln zu bestimmen und Optimierungspotenziale beim Anbau, bei der Verarbeitung, bei Transporten oder Lagerung abzuleiten und zu realisieren. Weitaus schwieriger ist es dagegen für Handelsunternehmen, den PCF von Tausenden unterschiedlicher Lebensmittel kontinuierlich und wettbewerbsrechtlich verlässlich auszuweisen und den Verbrauchern adäquate Vergleichsmaßstäbe zu bieten.

Die Schwierigkeit zur Ermittlung des spezifischen PCF von Lebensmitteln und Auszeichnung mit CO<sub>2</sub>e-Labeln kann schon an einem „einfachen“ Produkt verdeutlicht werden – an Äpfeln:

Der Energieaufwand zur Produktion und Lagerung von Äpfeln schwankt von Betrieb zu Betrieb und kann zwischen großen und kleinen Betrieben um den Faktor 2-3 unterschiedlich sein. Die Transportentfernung kann ebenfalls sehr unterschiedlich ausfallen – das Bodensee-Obst wird am Bodensee verkauft, aber auch in Kassel oder Berlin. Die Äpfel können aber auch aus Neuseeland oder Chile importiert werden. Die in Deutschland erzeugten Äpfel werden bis ins späte Frühjahr hinein gelagert und dabei gekühlt. Der PCF steigt damit von Monat zu Monat.

Um den PCF von Äpfeln in einer Verkaufsstätte auch nur einigermaßen spezifisch anzugeben, müssten jeweils die Produktionswerte vom Anbaubetrieb, die Transportentfernung und -mittel sowie die Dauer und Art der Kühlung bekannt und individuell berechnet werden – und das für jede verkaufte Apfelsorte. Das ist grundsätzlich möglich, aber sehr aufwändig und sollte ja nicht nur für Äpfel, sondern für Tausende anderer Produkte durchgeführt werden. Damit Verbraucher die Angabe des spezifischen PCF adäquat bewerten können, müssten darüber hinaus – wie bei den Elektrogeräten – für vergleichbare Produkte Rankingsysteme entwickelt werden – zum Beispiel für Äpfel der Klimaklasse A, B, C... (wenn man wirklich alle Äpfel in eine Klasse werfen wollte).

Angesichts der oben genannten Schwierigkeiten ist es offensichtlich, dass in absehbarer Zeit (und vermutlich auch zukünftig) kein System entstehen wird, bei dem Tausende unterschiedlicher Lebensmittel in den Handelsgeschäften regelmäßig und wettbewerbsrechtlich zuverlässig mit ihrem jeweiligen und aktuellen CO<sub>2</sub>e-Wert gekennzeichnet bzw. gelabelt werden und zudem auch jeweils entsprechende Rankingsysteme entwickelt werden.

#### 4.4 Milchprodukte

Innerhalb der Gruppe „Milchprodukte“ wurden insgesamt 40 Studien mit 126 Produkten ausgewertet. 9 Studien wurden als Vorzeigestudien Typ A und weitere 9 Studien als Typ B klassifiziert. Die fettangereicherten Produkte Butter und Käse haben die höchsten PCF-Werte, stark wasserhaltige Produkte wie Milch den niedrigsten PCF.

Die meisten Studien bilanzieren die Ergebnisse nur bis zum Handel und erfassen demnach nicht die Lagerung der zu kühlenden Milchprodukte beim Verbraucher. Über alle Milchprodukte hinweg wird deutlich, dass die Treibhausgas-Emissionen während der „Rohstoffgewinnung“ bzw. aus der Landwirtschaft dominieren. Bei Produkten mit hohem Wasseranteil und damit aufwendiger Verpackung und bei Produkten mit kleinen Verpackungsgrößen ist der Verpackungsanteil relativ höher.

Beim Vergleich der Produkte untereinander muss berücksichtigt werden, dass man gerade von den fetthaltigen Produkten mit hohem PCF mengenmäßig täglich weniger zu sich nimmt als bei den stärker wasserhaltigen Produkten – beispielsweise ohne Weiteres einen halben Liter Milch, aber nicht gerade ein halbes Kilo Butter.

Tabelle 37: PCF von Milchprodukten – Durchschnittswerte und Bandbreiten

	Milchprodukte				
	Käse	Joghurt mit Geschmack	Joghurt natur	Milch	Butter
Ø CO <sub>2</sub> e in kg/kg	8,1	1,2	0,9	0,8	25,6
Bandbreite	6,8-9,0	0,9-1,4	0,7-1,4	0,5-1,3	23,5-27,6

**Vergleich konventionell – Bio:** Bei den milchhaltigen Produkten liegt der PCF der konventionellen Produkte in der Größenordnung von 6 – 12 % höher als der der Bio-Produkte. Der Unterschied ist hier nicht groß, weil der PCF von Milchprodukten stark durch die Methan-Emissionen der Kühe bestimmt wird. Detailanalysen zeigen, dass Bio-Produkte in der Landwirtschaft meist besser abschneiden, bei der Verarbeitung aber schlechter (vermutlich wegen des Skaleneffekts zwischen kleinen und großen Anlagen).

#### 4.5 Backwaren

Innerhalb der Gruppe „Backwaren“ wurden 16 Studien mit 67 Produkten ausgewertet. 4 Studien wurden als Vorzeigestudien Typ A und weitere 5 Studien als Typ B klassifiziert. Brot und Brötchen haben einen deutlich niedrigeren PCF als Gebäck<sup>8</sup> (für das allerdings nur unvollständig dokumentierte Studien vorliegen). Beim Vergleich ist allerdings zu berücksichtigen, dass man im Schnitt täglich mengenmäßig mehr Brot/Brötchen isst als Gebäck. Der höhere Wert des Gebäcks (Ø 2,8 kg) resultiert aus der Vielzahl der Verarbeitungsschritte und der Zugabe zahlreicher unterschiedlicher Zutaten (z.B. Milchprodukte, Zucker, Obst).

Die industrielle Verarbeitung macht bei allen drei Backwaren (44,3 - 49,8 %) den Hauptanteil des PCF aus, gefolgt von der landwirtschaftlichen Produktion der Rohwaren (32,6 - 38,4 %), beide Prozesse ergeben zusammen einen Anteil von rund 80 %. Der Anteil der Verpackung ist gering, bedingt durch die schlichte Verpackung der Backwaren, im Besonderen bei Brot. Die Produktion in industriellen Großbäckereien reduziert den PCF der Herstellung, erhöht aber den der Distribution.

Tabelle 38: PCF von Backwaren – Durchschnittswerte und Bandbreiten

	Backwaren		
	Brot	Baguette	Brötchen
Ø CO <sub>2</sub> e in kg/kg	0,6	0,5	0,7
Bandbreite	0,4-1,3	0,4-0,6	0,5-1,0

**Vergleich konventionell – Bio:** Der PCF von konventionellen Backwaren liegt meist um 20 - 25 % höher als der Bio-Backwaren, in Einzelfällen sogar deutlich höher. In der Regel schneiden Bio-Backwaren bei der landwirtschaftlichen Produktion deutlich besser ab als konventionelle Backwaren, bei der industriellen Verarbeitung dagegen schlechter.

#### Tipps für Verbraucher

<sup>8</sup> Süße Gebäcke sind zum Beispiel Kuchen, Plunderstücke, Plätzchen oder Kekse. Salziges Knabbergebäck sind zum Beispiel Salzstangen oder Käseplätzchen

- weniger Gebäck essen (wird unabhängig vom PCF auch aus gesundheitlichen Gründen empfohlen)
- Bio-Backwaren bevorzugen

#### 4.6 Fleischprodukte

Innerhalb der Gruppe „Fleischprodukte“ wurden insgesamt 31 Studien mit 75 Produkten ausgewertet. 4 Studien wurden als Vorzeigestudien Typ A und weitere 5 Studien als Typ B klassifiziert. Zwei weitere detaillierte Studien wurden als Typ A klassifiziert, weil die Qualität gleichrangig eingeschätzt werden konnte. Das Fleisch von Wiederkäuern hat einen deutlich höheren PCF als das von Schweine- oder Geflügelfleisch. Zu Geflügel liegen nur 8 Studien des Typs C vor (Mittelwert 3,27; Bandbreite 3,04 - 3,51 kgCO<sub>2</sub>e). Zu Wurst liegen nur 7 unvollständige Studien des Typs C vor, die deswegen nicht ausgewertet wurden.

Die meisten Studien bilanzieren die Ergebnisse nur bis zum Handel und erfassen demnach nicht die Lagerung der Fleischprodukte beim Verbraucher. Die Bereiche landwirtschaftliche Produktion, industrielle Weiterverarbeitung sowie Distribution werden für alle drei Fleischkategorien (Schwein, Rind und Lamm) analysiert.

Die Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft (Futtermittel) bzw. Tierhaltung dominieren das Gesamtergebnis. Bei den Wiederkäuern ist der Anhalt wegen der Methan-Emissionen relativ höher. Die Schwankungen bei der industriellen Weiterverarbeitung sind u. a. durch den unterschiedlichen Verarbeitungsgrad des Fleischs (z.B. am Stück oder bereits zerlegt) zu erklären.

Der Wert für Lamm ist sehr hoch. In der einzigen Literatur (eine Publikation aus Australien) wird dies erörtert, aber keine klare Erklärung gegeben. Möglicherweise hängt dies damit zusammen, dass überwiegend junge Tiere mit geringem Fleischanteil geschlachtet werden.

Da für Lamm nur eine einzige und zudem etwas unsichere Veröffentlichung aus Australien vorliegt, wird vorgeschlagen, den Wert vorläufig nicht in der Verbraucherberatung zu kommunizieren.

**Vergleich konventionell – Bio:** Fleisch aus konventioneller Tierhaltung hat einen um 7 - 17 % höheren PCF als Bio-Fleisch.

Tabelle 39: PCF von Fleischprodukten – Durchschnittswerte und Bandbreiten

	Fleischprodukte		
	Schwein	Rind	Lamm
Ø CO <sub>2</sub> e in kg/kg	4,2	15,5	15,4
Bandbreite	3,6-5,0	7,4-28,0	15,3-15,5

#### Tipps für Verbraucher

- weniger Fleisch essen (wird unabhängig vom PCF auch aus gesundheitlichen Gründen empfohlen)
- eher Schweinefleisch oder Geflügelfleisch essen als Fleisch von Wiederkäuern (Rind, Lamm)
- Bio-Fleisch bevorzugen (wird unabhängig vom PCF auch wegen besserer Tierhaltung etc. empfohlen)

#### 4.7 Fischprodukte

Innerhalb der Gruppe „Fischprodukte“ wurden 12 Studien mit 18 Produkten ausgewertet. 5 Studien wurden als Vorzeigestudien Typ A. Die PCF der vier verschiedenen Fisch-Produkte unterscheiden sich zwar deutlich, können aber wegen der unterschiedlichen Verarbeitung (z.B. Hering im Glas bereits fertig zubereitet versus tiefgekühlte Fischfilets) und der unterschiedlichen Bilanzgrenzen (z.B. einmal mit Einkaufsfahrt der Verbraucher, einmal ohne) NICHT sinnvoll verglichen werden. Von der Größenordnung her liegt der PCF von Fisch etwa so wie Geflügel- oder Schweinefleisch.

Tabelle 40: PCF von Fischprodukten – Einzel- oder Durchschnittswerte und Bandbreiten

	Fischprodukte				
	Kabeljau (filetiert)	Lachs (aus Aquakultur)	Fischstäbchen (Kabeljau)	Hering mariniert im Glas	
Ø CO <sub>2</sub> e in kg/kg	2,8	1,9	4,0	7,9	
Bandbreite/Einzelwert	Einzelwert	1,43-2,29	Einzelwert	Einzelwert	

#### Tipps für Verbraucher

Aus den heterogenen PCF-Bilanzen können keine Verbraucherempfehlungen abgeleitet werden. Die PCF-Bilanzen geben grundsätzlich auch keine Information über bedrohte Fischarten, nicht vertretbaren Fischfang, Art von Aquakulturen etc.

Nach dem Fischratgeber von Greenpeace sollte man beispielsweise Kabeljau nicht essen, dagegen aber Hering, für den es auch das MSC-Label gibt.

#### 4.8 Gemüse und Obst

Innerhalb der Gruppe „Gemüse und Obst“ wurden 18 Studien mit 92 Produkten ausgewertet. 8 Studien wurden als Vorzeigestudien Typ A und weitere 4 Studien als Typ B klassifiziert.

Zur Übersicht werden die einzelnen Gemüsesorten nachstehend in Untergruppen eingeteilt:

- Wurzelgemüse (Kartoffeln, Karotten, Zwiebeln, Radieschen, Porree)
- Fruchtgemüse (Gurke, Tomate, Paprika, Zucchini)
- Blattgemüse (Salat)

- Kohlgemüse (Kohlrabi)

Außerdem wurden Studien zu Erdbeeren berücksichtigt.

Die PCF von Gemüse und Obst liegen im Vergleich mit anderen Produkten um Größenordnungen niedriger. Insgesamt liegen die PCF der verschiedenen Sorten dicht beieinander. Spitzenreiter ist mit durchschnittlich 0,65 kg CO<sub>2</sub>e/kg der Kopfsalat.

Bei Frucht- und Kohlgemüse sind die landwirtschaftliche Produktion, die Distribution und der Handel bilanziert, bei Kopfsalat auch die Verpackung und bei Wurzelgemüse auch die industrielle Weiterverarbeitung, der Einkauf durch den Verbraucher sowie die Nutzungsphase. Der PCF wird hauptsächlich durch den Anbau beeinflusst (ca. 40 %). Wesentliche Ausnahmen sind Kochprozesse beim Verbraucher, zum Beispiel durch Wurzelgemüse (rund 60 %). Die Distribution erscheint mit durchschnittlich etwa 30 % sehr hoch, absolut gesehen liegt sie aber eher niedrig und so hoch wie bei Milch oder Backwaren.

Beim Kopfsalat liegt der Anteil der Verpackung hoch, ebenso die Distribution (geringe Dichte, empfindlich gegen Druck).

**Vergleich konventionell – Bio:** Der PCF von konventionell erzeugtem Gemüse liegt etwa 10-30 % höher als der von Bio-Gemüse.

#### **Vergleich Freilandanbau/Gewächshäuser:**

Die vorliegenden Studien lassen keinen systematischen Vergleich zu. Eine einzelne Studie vergleicht den Freilandanbau von Tomaten in Spanien plus Transport nach Großbritannien (1,75 kg CO<sub>2</sub>e) mit dem Anbau von Tomaten in einem ölbeheizten Gewächshaus in Großbritannien (2,24 kg CO<sub>2</sub>e). Die Aufschlüsselung zeigt – wie zu erwarten – einen größeren Transportanteil bei den Freilandtomaten aus Spanien und einen hohen Energieaufwand für das ölbeheizte Treibhaus.

Tabelle 41: PCF von Gemüse und Obst – Durchschnittswerte und Bandbreiten

	Gemüse				Obst
	Blattgemüse	Fruchtgemüse	Kohlgemüse	Wurzelgemüse	Erdbeeren
Ø CO <sub>2</sub> e in kg/kg	0,2	0,5	0,2	0,2	0,3
Bandbreite	0,1- 0,2	0,1- 2,2	0,1- 0,2	0,1-0,7	0,2-0,4

Zu Obst liegen nur zwei Studien zu Erdbeeren vor, sowie eine überschlägige Abschätzung aus GEMIS. Die Studie zu Erdbeeren ist sehr detailliert und deckt die ganze Wertschöpfungskette ab. Auf Grund der eingeschränkten Basis zu Obst können keine weiteren Schlussfolgerungen gezogen werden.

## **4.9 Getränke**

Innerhalb der Gruppe „Getränke“ wurden 16 Studien mit 55 Produkten ausgewertet. 6 Studien wurden als Vorzeigestudien Typ A und eine weitere Studie als Typ B klassifiziert.

Die Bilanzgrenzen der Studien sind sehr unterschiedlich, so dass keine verallgemeinerbaren Schlussfolgerungen gezogen werden können. Bei den alkoholischen Getränken ist die Kühlung nicht erfasst!

Die alkoholfreien Kaltgetränke haben mit durchschnittlich 0,57 kg CO<sub>2</sub>e/kg den geringsten PCF, der von alkoholischen Getränken ist im Schnitt mit 1,41 kg CO<sub>2</sub>e/kg höher. Heißgetränke (in diesem Fall Kaffee) haben einen deutlich höheren PCF. Hier gibt es allerdings eine erhebliche Bandbreite beim Nutzungsverhalten<sup>9</sup>.

Tabelle 42: PCF von Getränken – Durchschnittswerte und Bandbreiten

	Kaltgetränke	Heißgetränke (Kaffee)	Alkohol
Ø CO <sub>2</sub> e in kg/kg	0,6	10,7	1,4
Bandbreite	0,2-0,9	8,5-13,0	0,6-2,2

#### 4.10 Convenience-Produkte

Innerhalb der Gruppe „Convenience-Produkte“ wurden 12 Studien mit 46 Produkten ausgewertet. Es konnten aber nur 2 Studien als Vorzeigestudien Typ A und weitere 2 Studien als Typ B klassifiziert werden.

Die Art der Produkte und die Bilanzgrenzen der Studien sind sehr unterschiedlich, so dass keine verallgemeinerbaren Schlussfolgerungen gezogen werden können. Sie lassen insbesondere keinen Schluss zu, ob der Einsatz von Convenience-Produkten zu einem höheren oder niedrigeren PCF führt als die Verarbeitung von Frischware im Haushalt.

Nachfolgend sind deshalb die Einzelwerte nur zur Orientierung über Größenordnungen angegeben.

Tabelle 43: PCF von Convenience-Produkten – Einzelwerte (Repräsentativität unklar)

	Convenience-Produkte			
	Tagliatelle-Gericht	Karotten, TK	Karotten, Konserve	Kartoffeln geschält
Ø CO <sub>2</sub> e in kg/kg	1,6	0,5	0,7	0,3

<sup>9</sup> Zur Zubereitung von Kaffee laufen derzeit mehrere Studien.

#### 4.11 Sonstiges

Innerhalb der Gruppe „Sonstige-Produkte“ wurden 29 Studien mit 50 Produkten ausgewertet. Es konnten aber nur 7 Studien als Vorzeigestudien Typ A und weitere 3 Studien als Typ B klassifiziert werden.

Die Art der Produkte und die Bilanzgrenzen der Studien sind sehr unterschiedlich und es liegen keine Vergleichswerte vor, so dass keine verallgemeinerbaren Schlussfolgerungen gezogen werden können. Die Angabe pro kg ist für Verbraucher nicht leicht zu verstehen, andererseits wäre auch die Angabe mit (Verpackungs-)Größen schwer nachzuvollziehen, da ja in der Praxis unterschiedliche Verpackungsgrößen vorkommen.

Nachfolgend sind deshalb die Einzelwerte nur zur Orientierung über Größenordnungen angegeben.

Tabelle 44: PCF von Sonstigen Produkte – Einzel und Durchschnittswerte (Repräsentativität unklar)

	Sonstige Produkte					Babynahrung
	Chips	Ketchup	Eier	Zucker	Kakao	
Ø CO <sub>2</sub> e in kg/kg	1,0	1,4	2,9	0,5	210	1,0
Bandbreite	-	-	-	-	-	0,9-1,3

#### 4.12 Änderungen des Ernährungsstils

In der Studie Ernährungswende (Eberle et al. 2006) wurden Haushalte nach ihren Ernährungsstilen befragt und daraus sieben typische Ernährungsstile abgeleitet. Diese unterscheiden sich nach der Art der verzehrten Lebensmittel, nach dem Grad von Selbstkochen und Convenience-Produkten, nach Außer-Haus-Verzehr und dem Anteil von Bio-Produkten. Allerdings sind das keine jeweils keine eindeutigen „Modell-Stile“ (d.h. dass es beispielsweise keinen Vergleich zwischen einem Durchschnitts-Ernährungsstil und einem „Durchschnitts-Ernährungsstil mit Bio-Produkten gibt“.

Die Pro-Kopf-Treibhausgas-Emissionen der so genannten „Desinteressierten Fast-Fooder“ sind ca. 30 % höher als bei den ernährungs- oder gesundheitsbewussten Ernährungsstilen.

Aus den obigen Daten zu den einzelnen Lebensmittelgruppen kann man grob ableiten, dass man mit einer gesundheitsbewussten mediterranen Ernährung oder Vollwertkost gegenüber einer durchschnittlichen Ernährung um die 15 % Treibhausgas-Emissionen einsparen kann, bei ausschließlichem Einkauf von Bio-Produkten ebenfalls um die 15 %.

#### 4.13 Wegwerfen von Lebensmitteln

Ein wenig beachtetes Thema bei Lebensmitteln ist der hohe Anteil von Lebensmitteln, die weggeworfen werden (weil das Haltbarkeitsdatum abgelaufen ist, weil sie nicht schmecken, weil sie nicht mehr richtig frisch schmecken, o. ä.). Die GfK schätzt den Anteil auf 10 % der

Lebensmittel<sup>10</sup>, ausländische Quellen gehen sogar von deutlich höheren Werten aus. Hier bestehen durch gute Planung erhebliche Reduktionspotentiale.

#### 4.14 Schlussfolgerungen Lebensmittel

Die unmittelbaren Schlussfolgerungen für die einzelnen Lebensmittel wurden bereits in den jeweiligen Kapiteln dargestellt.

Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse zu PCF den Vorzug des „mediterranen“ Ernährungsstils (weniger Fleisch, mehr Gemüse und Obst) und den Vorzug für Bio-Produkte.

Im Hinblick auf die Sinnhaftigkeit von CO<sub>2</sub>-Labeln oder Ausweisung von CO<sub>2</sub>-Werten auf Lebensmitteln wurden die Positionen des „Memorandum Product Carbon Footprint“ von BMU, UBA und Öko-Instituts vielfach bestätigt.<sup>11</sup>

- Die vergleichende detaillierte Ausweisung von CO<sub>2</sub>e-Werten zu vielen einzelnen Lebensmitteln ist aus methodischer Sicht, aber noch mehr vom Datenaufwand her nicht möglich
- Eine Ausweisung einzelner Werte ohne Vergleichswerte und Ranking gibt den Verbrauchern keine adäquate Information

Für die Verbraucherberatung wäre es stattdessen sinnvoll, für die wichtigsten Lebensmittelgruppen und Fragestellungen vergleichende Ökobilanzen (nicht PCF!) durchzuführen. Die unvollständige und unsystematische Veröffentlichung von CO<sub>2</sub>e-Werten ohne Vergleichsmaßstäbe und ohne Bezug auf andere Umweltaspekte von Lebensmitteln trägt NICHT zur Verbraucherorientierung, sondern zur Verwirrung von Verbrauchern bei.

Stattdessen sollten für die aus Klimasicht wichtigsten Produktgruppen Ökobilanzen durchgeführt werden, bei denen alle relevanten Umweltaspekte (Durchschnittswerte und Bandbreiten) erhoben werden. Auf dieser Basis können – wenn die Datenlage belastbar ist – für die Verbraucherinformation Grundaussagen und Handlungsoptionen abgeleitet und typische Fragen beantwortet werden:

- Sind Ökobilanz und Klimarelevanz von Regional-Äpfeln oder Äpfeln aus Übersee besser? Sind Bio-Äpfel aus Übersee besser als konventionelle Regional-Äpfel? Gibt es Regional-Bio-Äpfel, die nicht gekühlt werden? Welche sind die aus Umweltsicht besten Äpfel? Stimmt es, dass bei der Herstellung und Sterilisierung von Apfelsaft in kleinen Kelteranlagen meist viel mehr Energie verbraucht wird als in großen Anlagen?

<sup>10</sup> Wolfgang Twardewa, GfK, zitiert nach MDR. FAKT vom 01.09.2009

<sup>11</sup> BMU, UBA und Öko-Institut, „Memorandum Product Carbon Footprint - Positionen zur Erfassung und Kommunikation des Product Carbon Footprint für die internationale Standardisierung und Harmonisierung“, Berlin, Dezember 2009.

- Ist es aus Umwelt-, Gesundheits- und Klimasicht sinnvoll, weniger Fleisch zu essen? Soll man beim Fleischverzehr aus Klimasicht eher auf Hühnerfleisch setzen? Ist Bio-Fleisch auch aus Klimasicht besser als konventionell erzeugtes Fleisch?
- Ist industriell gefertigte Tiefkühlkost aus Klimasicht schlechter als im Privathaushalt frisch zubereitete Lebensmittel? Oder gibt es hier deutliche Unterschiede je nach Lebensmittel und Kühlzeit im Privathaushalt?
- Wie fällt aus Umwelt- und Klimasicht der Vergleich unterschiedlicher Ernährungsstile aus? Stimmt es, dass ein höherer Anteil von Milchprodukten einen niedrigeren Anteil von Fleischprodukten aus Klimasicht kompensiert?

Die Qualität der ernährungsbezogenen Verbraucher/innen-Information würde erheblich zunehmen, wenn diese Fragen auf der Basis von Ökobilanzen (geprüft mit Critical Reviews) beantwortet werden könnten. Allerdings ist auch hier der Aufwand erheblich, so dass vorab eine Schwerpunktsetzung für die zu untersuchenden Produktgruppen erfolgen sollte. Bei der Frage des Einsatzes zusätzlicher Informationen sind neben den Aspekten der technischen Machbarkeit auch die Aspekte der Aufnahme- und Verarbeitungskapazitäten von Informationen bei den Verbraucher/innen selbst zu berücksichtigen. Je nach kognitivem Involvement (handelt es sich beispielsweise eher um Alltagsroutinen wie bei Lebensmitteln oder um besondere Investitionen wie bei Haushaltsgeräten) nutzen Verbraucher/innen unterschiedliche Informationskanäle und Anlässe, um sich zu informieren – und müssen dementsprechend differenziert angesprochen werden.

Tabelle 45: Einsparpotenziale

	Reduktions-Potenzial <sup>12</sup> groß++ mittel +	Kostenein-sparung groß ++ mittel +	Schnell – und/oder Leicht umsetzbar	Leichte oder Deutliche Verhaltens- Änderung
Veränderung der Ernährung (hin zu mediterraner Kost, Vollwert)	++	+	SL	D
Umstellung auf Bio-Lebensmittel	++	Mehrkosten	SL	D
Substitution einzelner Lebensmittel (z.B. Rindfleisch durch Schweinefleisch)	+	(+)	L	L
kein Wegwerfen von Lebensmitteln	++	++	SL	D

<sup>12</sup> Als großes Treibhausgas-Potential werden mehrere Hundert kg CO<sub>2</sub>e pro Jahr definiert, als großes Einsparpotential mehrere Hundert Euro pro Jahr.

## 5 Konsum-Produkte

Eine Stoffstromanalyse zur Ermittlung der zehn wichtigsten Konsumbereiche aus Energie und Treibhausgas-Sicht (Quack und Rüdener 2007) kam zu dem Ergebnis, dass acht der zehn wichtigsten Konsumbereiche mit direkt energieverbrauchenden Produkten verknüpft sind, wie zum Beispiel Haus/Heizung/Warmwasser (auf Platz 1) oder Mobilität (auf Platz 2). Die zwei Ausnahmen waren Lebensmittel (Platz 3) und Textilien (Platz 8). Möbel kamen knapp hinter den Textilien auf den 9. Platz. Papier-Produkte waren zusammen mit Elektronikgeräten wie etwa Computer und Drucker im Bereich Information und Kommunikation enthalten (Platz 5).

Da es mehrere Hundert Produktgruppen gibt, die aber jeweils nur kleine Beiträge an den Gesamt-Treibhausgas-Emissionen haben (deutlich unter 1 % an den Pro-Kopf-Treibhausgas-Emissionen), wurde die Analyse zum PCF von Konsumprodukten auf Textilien, Möbel und Papierprodukte beschränkt.

### 5.1 Textilien

Der Produktlebenszyklus von Textilien umfasst die Rohstoffgewinnung, die Verarbeitung, Transporte, Verpackung, die Nutzung (mit Waschen, Trocknen, Bügeln) und die Entsorgung/Recycling. Detaillierte PCF bilanzieren darüber hinaus noch weitere Prozesse wie etwa Handel oder Katalog-Druck (Systain 2009).

Bei Textilien wurden nur wenige aussagefähige Literaturstellen gefunden. Die Ergebnisse lassen sich nur bedingt vergleichen, weil sich die Studien auf unterschiedliche Länder und Zeiträume beziehen und vor allem auch unterschiedliche Bilanzgrenzen haben. So wird beispielsweise für Baumwolle in Australien ein Wert von 3,3 kg CO<sub>2</sub>e für 1 kg Baumwolle angegeben (Institute for Sustainable Resources 2009). Darin ist allerdings das energieaufwendige Spinnen und Weben nicht miteinbezogen, anders als beiecoinvent, bei dem ein Durchschnittswert von 26,25 kg CO<sub>2</sub>e (Herstellung in China/Europa) angegeben wird. Je nach Herkunftsland der Baumwolle und Verarbeitungsprozessen bei den Herstellern sind aber auch von diesem Durchschnittswert deutliche Abweichungen möglich.

Die Wiedergabe von Literaturwerten aus dem Ausland macht grundsätzlich wenig Sinn, weil das Wasch- und Trockenverhalten (z.B. Australien), die Maschinen-Ausstattung und der PCF von Haushaltsstrom deutlich vom deutschen Markt abweichen. Tabellarisch aufgeführt werden stattdessen die Ergebnisse von zwei Studien mit vier Produkten für den deutschen Markt, für die jeweils ein externes Critical Review durchgeführt wurde: Longshirt, Sweat-Jacke, Kinderstrickjacke (jeweils Systain 2009) und Bettwäsche (BASF 2009).

Tabelle 46: Überblick

Produkt	Boysen's Damen-Longshirt	Sweat-Jacke	Kinderstrickjacke
	mit $\frac{3}{4}$ Arm in weiß 100 % Baumwolle Gewicht: 222 Gramm bei Konfektionsgröße 40 - 42 Herstellung in USA, Bangladesh und Deutschland Vertrieb über Otto-Versand, 55 Tragezyklen, Waschen bei 47 Grad	Cotton made in Africa 100 % Baumwolle Gewicht: 446 Gramm Konfektionsgröße 40 Farbe: Fuchsia Herstellung in Afrika, Türkei, Deutschland Vertrieb über Otto- Versand 55 Tragezyklen, Waschen bei 47 Grad	mit Raglanärmel, rot, 100 % Acryl Gewicht: 266 Gramm Größe 152 - 158 Herstellung in Bangladesh, China, Deutschland Vertrieb über Otto-Versand, 55 Tragezyklen, Waschen bei 40 Grad
<b>PCF (in kg)</b>	<b>10,75</b>	<b>13,44</b>	<b>13,58</b>
Rohstoffgewinnung/ Landwirtschaft	1,27	2,27	5,7
Produktion/ Weiter- verarbeitung	3,00	3,74	2,43
Verpackung	0,24	0,27	0,25
Anteil Überseetransport	0,07	nicht ausgewiesen	nicht ausgewiesen
Transport/ Distribution Hersteller	1,09	1,25	1,05
Katalog-Druck	1,53	0,36	1,53
Waschen, Trocknen, Bügeln	3,3	5,05	2,32
Entsorgung	0,25	0,5	0,30
Quelle	Systain 2009	Systain 2009	Systain 2009
Unabhängiges Review	ja	ja	ja

Der Anteil des Überseetransports ist verschwindend gering. Die Transporte in Deutschland sind vergleichsweise hoch, weil es beim Versandhandel viele Rücksendungen gibt. Andererseits gibt es beim Versandhandel keine privaten Einkaufsfahrten mit dem Pkw.

Der PCF von Textilien liegt in der Größenordnung von 10 - 20 kg CO<sub>2</sub>e pro Textilstück. Der Anteil der Nutzungsphase mit Waschen, Trocknen, Bügeln liegt in der Größenordnung von 30 - 70 %. Der PCF liegt umso höher, je mehr Trage- und Waschzyklen es gibt<sup>13</sup> und vor allem je höher die Waschtemperatur ist, und wenn im Wäschetrockner getrocknet und gebügelt wird.

Aus dem Gewicht von Textilien kann überschlägig der PCF des Materialanteils abgeleitet werden (T-Shirts etwa 2-300 Gramm, Hosen etwa 500-1.000 Gramm Materialgewicht). Mit steigender Konfektionsgröße steigt auch der PCF.

Die Rohstoffgewinnung und die Verarbeitung von Textilien sind allerdings mit hohen Umweltbelastungen (im Besonderen Wasserverbrauch und Wasserbelastung) verbunden. Mit der bloßen Angabe der Treibhausgas-Emissionen bzw. des PCF werden diese Umwelt-

<sup>13</sup> Pro Tragezyklus nimmt der PCF bei zunehmenden Tragezyklen natürlich ab – aber nicht wesentlich.

belastungen überhaupt nicht erfasst. Systain beschreibt sogar ein Beispiel, bei dem die Einführung einer anspruchsvollen Abwasserreinigung bei der Produktion den PCF erhöht!

Aufgrund der hohen Gesamt-Umweltauswirkungen bei der Produktion ist es sinnvoll, Textilien lange zu nutzen bzw. die Tragezyklen möglichst hoch zu halten. Mögliche gesundheitliche Auswirkungen durch die Ausrüstung von Textilien werden durch den PCF ebenfalls nicht erfasst.

Herstellerseitig kann die Nutzungsphase durch die Ausrüstung (knitterarm, bügelfrei) und die Vorgabe einer möglichst niedrigen maximalen Waschttemperatur beeinflusst werden. Eine qualitativ schlechte Farbaufbringung (in der Regel erkennbar durch Hinweise wie „getrennt waschen“, kann auslaugen o. ä.) führt in der Praxis zu getrennten Waschprozessen mit geringer Beladung der Waschmaschine oder wasser- und energieaufwendigen Handwaschprozessen und damit zu einer unnötigen Erhöhung des PCF.

Verbraucherseitig kann die Nutzungsphase durch den Kauf entsprechend optimierter Textilien (siehe oben), durch niedrige Waschttemperatur, Verwendung von 20-Grad-Waschmitteln, hohe Beladung der Waschmaschine, sowie durch Verzicht auf Wäsche-trockner (soweit möglich) oder (regelmäßiges) Bügeln beeinflusst werden.

Tabelle 47: Vergleich Bettwäsche Bügelfrei mit Bettwäsche konventionell

Produkt	Bettwäsche bügelfrei	Bettwäsche konventionell
Beschreibung	mit Fixapret ausgerüstet 5,4 qm; zwei Sets mit zusammen 200 Nutzungszyklen	5,4 qm; vier Sets mit zusammen 200 Nutzungszyklen
<b>PCF (in kg)</b>	<b>231,6</b>	<b>468,2</b>
Rohstoffgewinnung/ Landwirtschaft	85,9	171,7
Produktion/Weiterverarbeitung	17,3	31,2
Transport/Distribution Hersteller	3,4	6,8
Waschen, Trocknen, Bügeln	120,4	249,3
Entsorgung	4,4	8,8
Quelle	Saling 2008	Saling 2008
Unabhängiges Review	ja	ja

Am Beispiel der Bettwäsche wird deutlich, dass eine bügelfrei ausgerüstete Bettwäsche einen deutlich niedrigeren PCF hat, weil sie nicht gebügelt werden muss, schneller trocknet und dadurch auch länger hält.

### Tipps für Verbraucher

- Kauf langlebiger, nicht extrem modeabhängiger Textilien
- Kauf von Textilien aus Bio-Baumwolle und/oder mit Umweltzeichen
- Kauf von „knitterarmen“ oder „bügelfreien“ Textilien
- Vermeidung unnötiger oder schneller Verschmutzung
- Energieeffizientes Waschen (niedrige Temperatur, volle Beladung der Waschmaschine)
- Verzicht auf Wäschetrockner (wenn möglich)
- Verzicht auf Bügeln oder regelmäßiges Bügeln

## 5.2 Papier-Produkte

Der Produktlebenszyklus von Papier umfasst die Rohstoffgewinnung Holz, die Verarbeitung, Transporte, Verpackung, die Nutzung und das hier besonders wichtige Recycling/Entsorgung. Je nach Papierprodukt können weitere Prozesse eine Rolle spielen; die Palette der Papierprodukte ist breit: Schreibpapier, Bücher, Zeitungen, Verpackungen, Toilettenpapier etc.

Zu Papier-Produkten wurden nur wenige aktuelle Literaturstellen gefunden, die den Produktlebenszyklus aufschlüsseln und gut dokumentiert sind.

### 5.2.1 Büropapiere

Angesichts der Vielfalt der Papier-Produkte macht es am ehesten Sinn, die Grund-Daten für ein Kilo Büropapier anzugeben, einmal auf der Basis von Frischfasern und einmal auf der Basis von Recycling-Papier.

In der hierzu vorliegenden Arbeit (IFEU 2006) wird die Herstellung des Frischfaserpapiers und des Recyclingpapiers jeweils separat betrachtet. Sie endet mit dem fertigen Büropapier am Werkstor der Papierfabrik (Cradle-to-Gate). Zur besseren Vergleichbarkeit wird ausschließlich die Papierproduktion in Deutschland betrachtet. Das bilanzierte Sekundärfaserpapier wird aus Deinking Pulp, das Primärfaserpapier aus gebleichtem Sulfatzellstoff produziert. Der hierzulande eingesetzte Marktzellstoff stammt weitgehend aus nördlichen Ländern wie Schweden und Finnland, gefolgt von Überseeländern, zum Beispiel Brasilien. Diese Regionen sind durch die Begriffe „Primär Nord“ und „Primär Süd“ zusammengefasst. Die Bilanzierung erfolgte als Ökobilanz, so dass nicht nur die Treibhausgas-Emissionen (PCF), sondern alle relevanten Umweltauswirkungen betrachtet wurden. Für alle betrachteten Indikatoren sind die Umweltlasten bei der Recyclingpapierherstellung am niedrigsten.

Tabelle 48: PCF von Büropapieren

Bezug: 1 kg Büropapier	Büropapier Süd	Büropapier Nord	Sekundärpapier
Treibhausgase (in kg CO <sub>2</sub> e)	1,28	1,12	0,99

### Tipps für Verbraucher

- Vorrang für Papier mit möglichst hohem Altpapieranteil
- Bei Frischfaser-Papieren möglichst keine Papiere mit Zellstoffanteil aus Übersee (ist in der Regel aber nicht auf den Verpackungen angegeben)
- Vermeidung von unnötigem Papierverbrauch („büroloses Papier“)
- Doppelseitige Nutzung von Büropapier (z.B. beim Drucken und Kopieren)

### 5.2.2 Hygiene-Papiere

Neben den Büro-Papieren spielen im Privatbereich Hygiene-Papiere eine Rolle. Nachstehend wird hierzu eine gut dokumentierte Quelle zu Toilettenpapier wiedergegeben (dm 2009), bei der auch die Distribution ab Werk und Einkaufsfahrt der Verbraucher einbezogen sind.

Tabelle 49: PCF eines Toilettenpapiers (Frischfaser)

dm-Toilettenpapier „sanft+sicher“ 10 Rollen, dreilagig, Frischfaser; 1,35 kg	Treibhausgas-Emission (in kg CO <sub>2</sub> e)
Rohstoffgewinnung	0,12
Produktion	2,10
Distribution	0,11
Einkaufsfahrt Verbraucher	0,10
Entsorgung	0,09
<b>Gesamt</b>	<b>2,51</b>

### 5.3 Möbel

Bei der Literaturrecherche wurden überwiegend Veröffentlichungen zu Bürostühlen gefunden. Die PCF-Werte liegen trotz unterschiedlichem Gewicht der Stühle jeweils um die 100 kg CO<sub>2</sub>e (Bandbreite 94 - 106,5 kg CO<sub>2</sub>e). Als Lebensdauer wird 15 Jahre angegeben. Bei den PCF werden die Bilanzgrenzen unterschiedlich gesetzt: Die Rohstoffgewinnung und

die Produktion werden bei allen Veröffentlichungen berücksichtigt, die Distribution und die Entsorgung aber nur ausnahmsweise. Bei den vollständigen Bilanzen liegt die Rohstoffgewinnung in der Größenordnung von 60 - 70 %, die Produktion in der Größenordnung von 20 - 30 %.

Ein gut dokumentiertes Beispiel (mit Review) wird nachstehend wiedergegeben (Steelcase 2002):

**Bürostuhl Think Steelcase**, Gewicht 17,159 kg inkl. Verpackung. Die Materialien werden einzeln und mit Gewichtsanteil aufgelistet (in kg/%):

- Metalle: Aluminium (0,692/4,03), Stahl (4,776/27,83), Zinklegierung (2,111/12,3)
- Kunststoffe: PA (5,015/29,23), LD-PE (für Verpackung) (0,318/1,85), PET (0,380/2,21), POM (0,533/3,11), PP (0,680/3,96), PU (0,330/1,92)
- andere Materialien: Pappe (Verpackung) (2,3/13,4), Gummi (0,024/0,14)

Die Lebensdauer des Bürostuhls wird mit 15 Jahren angegeben (für eine durchschnittliche Person (45-110 kg) bei einem 8-Stunden-Tag, einer 5-Tage-Woche).

Das ausgewählte Produkt Amia wird im Steelcase-Werk in Sarrebourg, Frankreich hergestellt. Berücksichtigt wurden Transporte zum Werk sowie der Transport von Sarrebourg auf die bedeutendsten europäischen Märkte.

Tabelle 50: PCF des Bürostuhls Think Steelcase

Bürostuhl Think Case	Treibhausgas-Emission (in kg CO <sub>2</sub> e)
Rohstoffgewinnung	67,80
Produktion	26,46
Distribution	6,66
Entsorgung	5,58
<b>Gesamt</b>	<b>106,44</b>

## 5.4 Weitere Produktgruppen

Auf die vielen weiteren Produktgruppen mit jeweils spezifisch geringem Anteil an den Pro-Kopf-Treibhausgas-Emissionen kann im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht eingegangen werden. Da die allermeisten dieser Produkte keine energieverbrauchenden Produkte sind<sup>14</sup>, stammen die Treibhausgas-Emissionen in der Regel aus der Produktion,

<sup>14</sup> Ausnahmen sind beispielsweise benzinbetriebene Rasenmäher oder Campinggas-Kocher.

Transporten und Entsorgung. Als Faustregel kann man daher davon ausgehen, dass man als Verbraucher Treibhausgas-Emissionen klein(er) halten kann, wenn man langlebige/reparierbare Produkte und kleinere/langlebige Produkt kauft.

Ob man Möbel nach 5 Jahren ersetzt oder nach 10 oder 15 Jahren, ob man Papier einseitig oder zweiseitig bedruckt, ob man Textilien 30-40 Trage-/Waschzyklen benutzt (derzeitiger Schnitt) oder 100 Trage-/Waschzyklen (das entspricht der Haltbarkeit von guten Textilien), macht jeweils einen Unterschied von 50 % und mehr in den Treibhausgas-Emissionen aus!

Geht man bei einem Verhalten nach der obigen Faustregel vorsichtig von einer durchschnittlich 33 %-igen Reduktion beim Bereich „Sonstiger Konsum“ aus (2,91 t CO<sub>2</sub>e), würde die Reduktion insgesamt rund 1,0 t CO<sub>2</sub>e/Jahr betragen, allerdings verteilt auf sehr viele unterschiedliche Produktgruppen.

## 6 Fazit

Zu den einzelnen Produktbereichen wurden bereits – wo möglich – Schlussfolgerungen gezogen. Im Hinblick auf die Verbraucherinformation werden nachstehend übergreifende Schlussfolgerungen gezogen:

- Mit wenigen Ausnahmen wird es auf lange Zeit hinaus nicht möglich sein, für viele unterschiedliche Produktgruppen verlässliche und gereviewte PCF von Konkurrenzprodukten mit gleichen Bilanzbedingungen zu erhalten
- Selbst wenn es diese vielen verlässlichen Informationen gäbe, wären sie für die Verbraucherinformation nur bedingt hilfreich, weil sie noch um ein Ranking und Benchmarking ergänzt werden müssten, weil Informationen über weitere z. T. gegenläufige Umweltauswirkungen fehlen und weil Verbraucher mit der Informationsvielfalt ohne Benchmarking eher überfordert sind
- Für die Verbraucherinformation wäre es dagegen hilfreich, wenn für die wichtigsten Produktgruppen auf der Basis verlässlicher Ökobilanzen Durchschnittswerte, Bandbreiten und Schlussfolgerungen für umweltbewussten Konsum gegeben werden könnten
- Soweit in der Verbraucherberatung auf PCF oder Ökobilanzen zurückgegriffen wird, sollten die Bilanzen erstens umfassend sein (alle relevanten Prozesse umfassen), durch ein unabhängiges Review überprüft worden sein, und ausreichend und öffentlich dokumentiert sein (vgl. hierzu beispielhaft die Fallbeispiele unter [www.pcf-project.de](http://www.pcf-project.de))
- Bei der Verbraucherberatung sollte deutlich gemacht werden, welche Maßnahmen einen großen Effekt haben, welche schnell und einfach gehen, welche mit Kosten oder Einsparungen verbunden sind und welche mit Verhaltensänderungen verbunden sind

Tabelle 51: TopTen der privaten Einsparmöglichkeiten im Klimaschutz (Zwei-Personen-Haushalt)

Maßnahmen	Reduktion von Treibhausgasen in kg CO <sub>2</sub> e	Leicht, Schnell, (Zeit)aufwendig	Kostenneutral Einsparung Mehrkosten
Wärmedämmung Haus/Wohnung	Größenordnung 2-3.000 und mehr	Z	kostenneutral
Ersatz alter Heizungsanlage durch neue plus Sonnenkollektoren	Größenordnung 1.500	Z	kostenneutral
Verzicht auf 3.000 Personen-Kilometer Fernflug/a	Größenordnung 1.000	LS	Einsparung
Bezug von Ökostrom (bei 2.000 kWh/a) statt Durchschnitts-Mix	980	LS	kostenneutral
Kauf von Niedrigverbrauchs-Pkw statt Durchschnitts-Pkw	870	LS	Einsparung
Umstellung auf gesunden Ernährungsstil (weniger Fleisch/Fett, mehr Gemüse und Obst) <sup>15</sup>	525	LS	Einsparung
Kauf ausschließlich von Bio-Lebensmitteln	525	LS	Mehrkosten
Verlagerung Pkw-Fahrt auf Fahrrad/Fuß (2.000 km/a)	440	LS	Einsparung
Sprit sparend Auto fahren <sup>16</sup>	330	LS	Einsparung
Einsparung Standby-Strom (400 kWh/a)	265	LS	Einsparung

Bei den in dieser Studie untersuchten Bereichen haben folgende Maßnahmen einen besonders großen Einfluss: Verzicht auf oder Verlagerung von Flugreisen, Verlagerung von Pkw-Fahrten auf Fahrrad oder zu-Fuß-gehen, wenn Pkw-Kauf, dann Kauf von kleinen Niedrig-Verbrauchs-Pkw, Verschiebung der konventionellen Ernährung auf einen mediterranen Ernährungsstil. Unter Ergänzung von Maßnahmen im Bereich Haus (Wärmedämmung, Heizungsanlage), Stromsparen sowie Ökostrom ergibt sich die TopTen-Liste möglicher Maßnahmen (Tabelle 51). Die Einsparungen sind jeweils auf einen durchschnittlichen Zwei-Personen-Haushalt gerechnet.

Die Einsparungen bei Ökostrom sind berechnet auf einen bereits reduzierten Jahresstromverbrauch des Zwei-Personen-Haushalts von 2.000 kWh/a (derzeitiger Schnitt 3.030 kWh).

Ein Zwei-Personen-Haushalt verursacht durchschnittlich Emissionen in Höhe von 23,0 kg CO<sub>2</sub>e. Mit den oben aufgeführten TopTen der Einsparpotentiale können verschiedene Modell-Haushalte generiert werden (Fokus auf Einsparungen Mobilität oder Fokus Einsparungen Ernährung oder Fokus auf beides). Mögliche Einsparungen im Bereich „Sonstiger

<sup>15</sup> Hierfür werden verschiedene Ernährungsstile vorgeschlagen, die jeweils weniger Fleisch / Fett und mehr Gemüse / Obst beinhalten: z.B. Vollwertkost, mediterrane Küche / Mittelmeerküche

<sup>16</sup> Zum Sprit sparenden Autofahren gibt es verschiedene Empfehlungen ([www.vcd.org/spritspartipps.html](http://www.vcd.org/spritspartipps.html), [www.adac.org](http://www.adac.org), [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)) wie niedertourig fahren, vorausschauend gleiten, kein unnötiger Ballast im Auto etc.

Konsum“ können zwar als hoch eingeschätzt werden (ca. 1.000 kg CO<sub>2</sub>e pro Person und ca. 2.000 kg CO<sub>2</sub>e pro Zwei-Personen-Haushalt), sind aber schwer zu kommunizieren, weil sich die Einsparungen auf viele Haushalte beziehen.

## 7 Literatur

- ADAS ADAS Case Study Carbon Footprinting, The Welsh Sausage Company.
- Andersson/Ohlsson 1999 Andersson, K; Ohlsson, T.; Life Cycle Assessment of Bread Produced on Different Scales, Int. J LCA 4 (1) 25-40, Landsberg 1999.
- Andersson 2000 Andersson, K.; Life Cycle Assessment (LCA) of Food Products and Productions Systems, Summary of the dissertation, Int. J LCA 5 (4) 2000.
- Andersson et al. 1998 Andersson, K.; Ohlsson, T.; Olsson, P.; Screening life cycle assessment (LCA) of tomato ketchup: a case study. Journal of Cleaner Production 6, 277-288, Göteborg 1998.
- ART 2008 Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station: 6th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector. Book of Abstracts, Zürich 2008.
- Brand 2008 Brand, U.; Carbon Footprints des Fertiggerichts „Tagliatelle Wildlachs“, Diplomarbeit zum Thema CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Tiefkühlkost, Universität Bremen Fachgebiet 10 Technikgestaltung Technologieentwicklung, Bremen 2008.
- Buschmann 2008 Buschmann, U.; PCF Projekt „Konventionell vs. Bio“ Anbau bei Frosta, Berlin 2008.
- Büsser/Jungbluth 2008 Büsser, S.; Jungbluth, N.; LCA of Roast stored in Aluminium Household Foil, ESU-services, Uster 2008.
- Büsser/Jungbluth 2009a Büsser, S.; Jungbluth, N.; LCA of Chocolate Packed in Aluminium Foil Based Packaging, ESU-services, Uster 2009.
- Büsser/Jungbluth 2009b Büsser, S.; Jungbluth, N.; LCA of Ready-to-Serve Lasagne Bolognese Packed in Aluminium Foil Containers, ESU-services, Uster 2009.
- Büsser/Jungbluth 2009c Büsser, S.; Jungbluth, N.; LCA of Yoghurt Packed in Polystyrene Cup and Aluminium-Based Lidding, ESU-services, Uster 2009.
- Büsser 2008 Büsser, S.; Steiner, R.; Jungbluth, N.; LCA of Packed Food Products – the function of flexible packaging, ESU-services, Uster 2008.
- Carbon Trust 2008 The Carbon Trust; Product Carbon Footprinting: the new business opportunity. Experience from leading companies, UK 2008.

Cascio	Cascio, J.; The Cheeseburger Footprint.
Casey/Holden 2004	Casey, J-W.; Holden; N.M.; Analysis of greenhouse gas emissions from the average Irish milk production system, Department of Bio-systems Engineering (Bioresources Modelling Group), University College Dublin 2004.
Cashman 2009	Cashman, S. et al.; Charting the Course of Sustainability at Aurora Organic Dairy, Phase I: Energy & Greenhouse Gas Life Cycle Assessment, University of Michigan 2009.
Cederberg/Flysjö 2004	Cederberg, C.; Flysjö, A.; Life Cycle Inventory of 23 Dairy Farms in South-Western Sweden, SIK-rapport Nr 728, 2004.
Cederberg/Stadig 2003	Cederberg, C.; Stadig, M.; System Expansion and Allocation in Life Cycle Assessment of Milk and Beef Production. Int. J LCA 8 (6) 350-356, 2003.
Cederberg et al. 2009	Cederberg, C.; Meyer, D.; Flysjö, A.; Life cycle inventory of greenhouse gas emissions and use of land and energy in Brazilian beef production, SIK Report No 792, 2009.
Climate Conservancy 2008	The Climate Conservancy; The Carbon Footprint of Fat Tire Amber Ale 2008.
Climatop 2008	Klimabilanz: Rahm, Zürich 2008.
Climatop 2008	Klimabilanz: Zucker, Zürich 2008.
Climatop 2009	Klimabilanz: Frische Spargeln, Zürich 2009.
Climatop 2009	Klimabilanz: Speisesalz im Kanton Waadt, Zürich 2009.
Coca-Cola	Coca-Cola, Corporate Responsibility Report, Carbon footprints for individual products, <a href="http://www.cokecorporateresponsibility.co.uk/carbontrust/product-carbon-footprints.html">http://www.cokecorporateresponsibility.co.uk/carbontrust/product-carbon-footprints.html</a>
Dalgaard 2007	Dalgaard, R.; The environmental impact of pork production from a life cycle perspective, Ph.D. thesis: University of Aarhus, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Agroecology and Environment, Denmark 2007.
Dalgaard et al. 2007	Dalgaard, R.; Danish pork production – An environmental assessment, Faculty of Agricultural Sciences, DJF Animal Science No. 82, Denmark 2007.
Dalgaard et al. 2008	Dalgaard, R. Schmidt, J.; Halberg, N.; Christensen, P.; Thrane, M.; Pengue, W.A.; LCA of Soybean Meal. Int. J LCA 13 (3) 240-254 Denmark 2008.

Davis/Sonesson 2008	Davis, J.; Sonesson, U.; Life cycle assessment of integrated food chains – a Swedish case study of two chicken meals, Gothenburg 2008.
defra 2008a	Department of Environment, Food and Rural Affairs; Understanding the GHG impacts of food preparation and consumption in the home, Research Project (3/06), UK 2008.
defra 2008b	Department for Environment, Food and Rural Affairs; PAS2050 Case Study – Applying PAS2050 to a complex product: Cottage Pie ready meal, United Kingdom 2008.
defra 2009	Department of Environment, Food and Rural Affairs: Scenario building to test and inform the development of a BSI method for assessing GHG emissions of food. Research Project (3/06), UK 2009.
dm 2009	dm-Markt, „CO <sub>2</sub> -Fußabdruck von Toilettenpapier der dm-eigenen Qualitätsmarke "sanft+sicher", Berlin 2009
ECO 2007	Ecoinvent, Transport Services, Beschreibung des Transportdatensatzes 2007
Eide 2002	Eide, M.; Life Cycle Assessment of Industrial Milk Production, Int. J LCA 7 (2) 115-126, Oslo 2002.
EPD 2007	Environmental Product Declaration; Dichiarazione ambientale di prodotto per il latte fresco pastorizzato de alta qualità confezionato in bottiglia di PET 2007.
EPD 2008a	Environmental Product Declaration; Bottled red sparkling wine „Grasparossa Righi“ 2008.
EPD 2008b	Environmental Product Declaration; Cerelia natural mineral water packaged in: 1.5 l PET Bottle and 1 l Glass Bottle 2008.
Flysjö et al.	Flysjö, A.; Cederberg, C.; Johannesen, J.D.; Carbon Footprint and Labelling of Dairy Products – Challenges and Opportunities.
Foster et al. 2006	Foster, C.; Green, K.; Bleda, M.; Dewick, P.; Evans, B.; Flynn, A.; Mylan, J.; Environmental Impacts of Food Production and Consumption. A report for the Department for Environment, Food and Rural Affairs, Manchester Business School 2006.
Fritsche/Eberle 2007	Fritsche, U.; Eberle, U.; Treibhausgasemissionen durch Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln – Arbeitspapier, Öko-Institut e.V. Darmstadt/Hamburg 2007.
FRoSTA 2009a	Fallstudie Gulaschpfanne; Fallstudie erstellt im Rahmen des PCF Pilot Projektes Deutschland 2009.

FRoSTA 2009b	Fallstudie Tagliatelle Wildlachs; Fallstudie erstellt im Rahmen des PCF-Pilotprojekts Deutschland 2009.
Goldberg 2008	Goldberg, A.; The Carbon Footprint of Beef and Lamb, A Lifecycle Approach to Measuring the Sustainability of New Zealand's Primary Produce, Master Thesis Environmental Studies 593, Victoria University of Wellington 2008.
Goodland/Anhang 2009	Goodland, R.; Anhang, J.; Livestock and Climate Change – What if the key actors in climate change are cows pigs and chickens? World Watch 2009.
Grießhammer 2007	Grießhammer, R.; "Der Klima-Knigge", Booklett-Verlag, Berlin 2007
Hakansson et al.2005	Hakansson, S. et al.; Comparative Life Cycle Assessment Pork vs Tofu, Life Cycle Assessment 1N1800, Stockholm 2005.
Halberg et al. 2007	Halberg, N.; Dalgaard, R.; Hermanson, J.; Danish experiences using Life Cycle Assessment (LCA) as a tool for assessing a livestock product's energy use and environmental impact through its life cycle, University of Aarhus 2007.
Helga et al.2003	Helga, R. et al.; Environmental Effects of Fish on the Consumers Dish – Life Cycle Assessment of Icelandic Frozen Cod Products, Technological Institute of Iceland 2003.
HiPP 2009	Der HiPP CO <sub>2</sub> -Fußabdruck – Die Klimawirksamkeit des Produktes „Reine Früh-Karotten“. Daten nicht verfügbar
Hirschfeld et al. 2008	Hirschfeld, J.; Weiß, J.; Preidl, M.; Korbun, T.; Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland, Schriftenreihe des IÖW 186/08, Berlin 2008.
Hörtenhuber/Zollitsch 2009	Hörtenhuber, S.; Zollitsch, W.; Treibhausgasemissionen aus der Milchviehhaltung – Zur Bedeutung der Systemgrenzen. 36. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2009, 137-144, 2009.
Hospido et al. 2006	Hospido, A. et al.; Environmental assessment of canned tuna manufacture with a life-cycle perspective, Resources Conservation and Recycling 47 (2006) 56-72.
Humbert et al. 2009	Humbert, S.; Rossi, V.; Margni, M.; Jolliet, O.; Loerincik, Y.; Life cycle assessment of two baby food packaging alternatives: glass jars vs. plastic pots, Int J LCA (2009), Lausanne 2009.
IFEU 2005	IFEU, Fortschreibung „Daten- und Rechenmodell“; Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030, 2005

IFEU 2006	IFEU, Ökologischer Verbrauch von Büropapieren in Abhängigkeit vom Faserrohstoff, Heidelberg 2006
IFEU 2007	Schächtele, K.; Hertle, H.; Die CO <sub>2</sub> -Bilanz des Bürgers – Recherche für ein internetbasiertes Tool zur Erstellung persönlicher CO <sub>2</sub> -Bilanzen, IFEU, Heidelberg 2007
IFEU 2009	IFEU (Hg.); EcoPassenger: Environmental Methodology and Data – Final report – June 2008
IMO 2009	International Maritime Organization (IMO): Second IMO GHG Study 2009, London, UK, April 2009
Innocent 2008	The Carbon Trust; Working with innocent – Product carbon footprinting in practice, United Kingdom 2008.
Jungbluth 2006	Jungbluth, N.; Vergleich der Umweltbelastungen von Hahnenwasser und Mineralwasser, Manuskript für die Informationsschrift SVGW und die Zeitschrift gwa (Gas Wasser Abwasser), ESU-services, Uster 2006.
Kingsmill 2009	Kingsmill becomes first bread brand to put carbon labels on loaves, News on The Carbon Trust, posted 22 June 2009.
Klimabündnis Köln 2009	Treibhausgase halbieren! -50 %!-Aber wie?, Ernährung und Klimaeffekte, <a href="http://www.klimabuendnis-koeln.de/ernaehrung">http://www.klimabuendnis-koeln.de/ernaehrung</a> .
Küsters/Brentrup 2009	Küsters, J.; Brentrup, F.; Energie- und CO <sub>2</sub> -Bilanzen von verschiedenen Bioenergiepflanzen und Bioenergieformen, 31. Kartoffel-Tagung, Detmold 2009.
Lindenthal et al. 2009	Lindenthal, T. et al.; CO <sub>2</sub> e-Emissionen biologischer und konventioneller Lebensmittel in Österreich, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Wien 2009. Ergebnisse der einzelnen Lebensmittel unter <a href="http://www.fibl.org/de/oesterreich/schwerpunkte-at/klimaschutz.html">http://www.fibl.org/de/oesterreich/schwerpunkte-at/klimaschutz.html</a> , abgerufen am 10.08.2009.
Lipinski 2008	Lipinski, R.; Carbon Footprint „Fischstäbchen“, Diplomarbeit zum Thema CO <sub>2</sub> -Fußabdruck von Tiefkühlkost, Universität Bremen Fachgebiet 10 Technikgestaltung Technologieentwicklung, Bremen 2008.
LLOYD 2009	Lloyds 2009 Lloyds register of ships 2009/2010. Lloyds Register Fairplay. London 2009, Vol. 1-4.
Max 2009	Max – Swedish Hamburger chain; Max's product climate declaration, <a href="http://www.max.se/food.aspx?page=klimatdeklaration">http://www.max.se/food.aspx?page=klimatdeklaration</a> , abgerufen am 04.11.2009.

Mey Selections 2009	Mey Selections becomes first Scottish consumer goods company to put carbon labels on products, News on Mey Selections website posted on 01.04.2009.
Öko-Institut 2009	Öko-Institut (Hg.); Typisierung von Produktgruppen in Orientierung an zu erwartenden CO <sub>2</sub> -Fußabdruck, Zwischenbericht, Freiburg 2010
Ogino et al. 2004	Ogino, A.; Kaku, K.; Osada, T.; Shimada, K.; Environmental effects of the Japanese beef-fattening system with different feeding lengths as evaluated by a life cycle assessment method, Journal of Animal StromScience 2004.
Pelletier et al. 2009	Pelletier, N.; Tyedmers, P.; Sonesson, U.; Scholz, A.; Ziegler, F.; Flysjo, A.; Kruse, S.; Cancino, B.; Silverman, H.; Not all Salmon are created equal: Life Cycle Assessment (LCA) of Global Salmon Farming Systems 2009.
Quack/Rüdenauer 2007	Quack, D.; Rüdenauer, I.; Energie- und Stoffströme der privaten Haushalte im Jahr 2005, Öko-Institut, Freiburg 2007
Reinhardt 2009	Reinhardt, G.; Ökobilanz Brot: Fabrikbrot oder Heimbacken? Überraschende Ergebnisse beim ökologischen Vergleich von Brot vom Supermarkt, Handwerksbäcker oder Heimbäcker, IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg 2009.
Reinhardt et al. 2009	Reinhardt, G.; Gärtner, S.; Münch, J.; Häfele, S.; Ökologische Optimierung regional erzeugter Lebensmittel: Energie- und Klimagasbilanzen, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH 2009.
RENEW 2009	IFEU (Hg.); Verbrauch, Emissionen, Materialeinsatz und Kosten von Binnenschiffen, Flugzeugen und Schienenfahrzeugen, August 2009
Rewe 2009	Fallstudie „Best Alliance“ Früherdbeeren der Rewe Group. Fallstudie im Rahmen des PCF-Pilotprojekts Deutschland.
Schmidt/Thrane 2006	Schmidt, J.; Thrane, M.; LCA Case Study of Pickled Herring, Chapter 13 in Tools for Sustainable Development, Department of Development and Planning, Aalborg University 2006.
Schmidt 2007	Schmidt, J.; Life cycle assessment of rapeseed oil and palm oil, Ph.D. thesis Part 1, Aalborg University 2007.
Sevenster/de Jong 2008	Sevenster, M.; de Jong, F.; A sustainable dairy sector. Global regional and life cycle facts and figures on greenhouse-gas emissions, Delft 2008.
Sik 2001	The Swedish Institute for Food and Biotechnology: LCA of Fish, Network for environmental assessment of seafood products through LCA, Hirtshals 2001.

Silver Spoon 2009	Silver Spoon (business of British Sugar plc.): Our Carbon Footprint – Efficiency through Innovation, UK 2009.
Sonesson/Davis 2005	Sonesson, U.; Davis, J.; Environmental Systems Analysis of Meals – Model Description and Data Used for Two Different Meals. The Swedish Institute for Food and Biotechnology 2005.
StaBu 2006	Statistisches Bundesamt 2006, „Die Nutzung von Umweltressourcen durch die Aktivitäten privater Haushalte“, Wiesbaden 2006
Steinfeld et al. 2006	Steinfeld, H.; Gerber, P.; Wassenaar, T.; Castel, V.; Rosales, M.; de Haan, C.; Livestock’s long shadow – environmental issues and options, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome 2006.
Systain 2009	Systain, Product Carbon Footprint Analyse von drei ausgewählten Textilien, Hamburg 2009
Taylor 2000	Taylor, C.; Ökologische Bewertung von Ernährungsweisen anhand ausgewählter Indikatoren, Dissertation am Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Gießen 2000.
Tchibo 2008	Case Study Tchibo Privat Kaffee Rarity Machare by Tchibo GmbH, Case Study undertaken within the PCF Pilot Project Germany 2008.
Tengelmann 2009	Fallstudie „Naturland Bio-Freilandeier“ der Unternehmensgruppe Tengelmänn. Studie im Rahmen des PCF-Pilotprojekts Deutschland 2009.
Tesco 2008	The Carbon Trust; Working with Tesco – Product carbon footprinting in practice, United Kingdom 2008.
Tesco 2009	Tesco Greener Living everyday: Our carbon label findings, <a href="http://www.tesco.com/assets/greenerliving/content/documents/pdfs/carbon_label_findings.pdf">http://www.tesco.com/assets/greenerliving/content/documents/pdfs/carbon_label_findings.pdf</a> 2009.
Thomassen et al. 2008	Thomassen, M. A.; Dalgaard, R.; Heijungs, R.; de Boer, I.; Attributional and consequential LCA of milk production. Int. J LCA 339-349, 2008.
Thrane 2006	Thrane, M.; LCA of Danish Fish Products, New methods and insights, Int. J LCA 11 (1) 66-74, Denmark 2006.
TREMOD 2009	TREMOD Daten Version 5.03 bereitgestellt vom Umweltbundesamt am 27.11.2009
VZ NRW/Öko-Institut	Verbraucherzentrale NRW und Öko-Institut; „99 Wege Strom zu sparen“, Düsseldorf/Freiburg 2009

- Walg 2009 Walg, S.; CO<sub>2</sub>-Fußabdruck in der Weinwirtschaft, Hintergrundwissen und exemplarische Ermittlung, Fachartikel in „Der Winzer“, Österreichischer Weinbauverband, 2009.
- Walkers 2008 The Carbon Trust; Working with PepsiCo and Walkers – Product carbon footprinting in practice, United Kingdom 2008.
- Williams et al. 2006 Williams, A.G.; Audsley, E.; Sandars, D.L.; Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities, Main Report Defra Research Project ISO 205, Bedford: Cranfield University and Defra 2006.
- WZU 2004 Wissenschaftliches Zentrum für Umweltsystemforschung Universität Kassel; Gemeinschaftliche Lebens- und Wirtschaftsweisen und ihre Umweltrelevanz – Auswertung zur Ernährung, Kassel 2004
- Ziegler et al. 2003 Ziegler, F.; Nilsson, P.; Mattsson, B.; Walther, Y.; Life Cycle Assessment of Frozen Cod Fillets Including Fishery-Specific Environmental Impacts, Int. J LCA 8 (1) 39-47, Sweden 2003.
- ZZU 2009 Zurück zum Ursprung; CO<sub>2</sub> und Klimaschutz, Der CO<sub>2</sub> Fußabdruck: Wie viel CO<sub>2</sub> entsteht durch ihr Lebensmittel, <http://www.zurueckzumursprung.at/co2-und-klimaschutz/?nofilm=1>, abgerufen am 23.10.2009.