



Publikationen des
Umweltbundesamtes

Die CO₂ Bilanz des Bürgers

Recherche für ein internetbasiertes Tool zur Erstellung persönlicher CO₂ Bilanzen

Forschungsprojekt im Auftrag des
Umweltbundesamtes

FuE-Vorhaben

Förderkennzeichen 206 42 110

Juni 2007

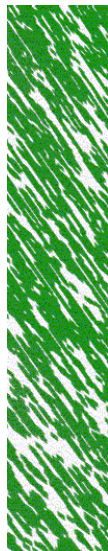
Katharina Schächtele

Hans Hertle

**Umwelt
Bundes
Amt** 
Für Mensch und Umwelt



ifeu -
Institut für Energie-
und Umweltfor-
schung Heidelberg
GmbH



Die CO₂ Bilanz des Bürgers

**Recherche für ein
internetbasiertes Tool
zur Erstellung
persönlicher CO₂ Bilanzen**

Endbericht

Im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA)

Forschungs- und Entwicklungsvorhaben

Förderkennzeichen 206 42 110

Autorinnen und Autoren:

Katharina Schächtele

Hans Hertle (Projektleitung)

ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung

Heidelberg, Juni 2007

Inhaltsverzeichnis

1	Inhalte und Ziele des Projekts	1
2	Wie viele Tonnen CO₂ pro Bürger?	2
2.1	Prinzipien zur Erstellung einer Emissionsbilanz:	2
2.2	Nationale Bilanzen	2
2.3	Personenbezogene Bilanzen	7
2.4	Zusammenfassung	10
3	Rechnerübersicht und Kurzbeschreibungen	12
4	Bereich Wohnen / CO₂-Rechner	19
4.1	Rechnervergleich	19
4.1.1	Faktoren	20
4.1.2	Abschätzung des Energieverbrauchs im Haushalt	21
4.2	Datenrecherche zum Energieverbrauch der Haushalte	30
4.2.1	Daten zum Heizenergieverbrauch	30
4.2.2	Daten zum Stromverbrauch	35
4.3	Zusammenfassung Heizenergie und Strom	41
5	Bereich Mobilität / CO₂ Rechner	43
5.1	Rechnervergleich	43
5.1.1	LFU-Rechner	43
5.1.2	Averatec / IWR: Einfache Methode	45
5.1.3	FH Bielefeld	45
5.1.4	Proclim	46
5.1.5	ECO2-privat	46
5.1.6	Umweltbildung Österreich	48
5.1.7	Umweltmobilcheck der Deutschen Bahn	49
5.1.8	Emissionsrechner Atmosfair	50
5.2	Offizielle Statistiken zum Verkehr	51
5.2.1	Verkehrsbilanzen	51
5.2.2	Emissionsfaktoren	53
5.2.3	Sonderfall Flugverkehr	54
5.3	Zusammenfassung Mobilität	60
6	Bereich Ernährung / CO₂-Rechner	62
6.1	Rechnervergleich	62
6.1.1	LFU-Rechner	62
6.1.2	Greenpeace – Der persönliche Klimatest	63
6.1.3	Andere Rechner	63
6.2	Ernährung in der Forschung	65
6.2.1	Wuppertal Institut	65

6.2.2	Wissenschaftliche Zentrum für Umweltsystemforschung	66
6.2.3	Ökologische Bewertung von Ernährungsweisen	67
6.2.4	Ernährungswende.....	69
6.2.5	Umweltfolgen des Nahrungsmittelkonsums.....	72
6.2.6	Ressourceneffizienz in der Aktivität Ernähren	74
6.3	Zusammenfassung Ernährung	75
7	Bereich Konsum / CO₂-Rechner	78
7.1	Privater Konsum	78
7.1.1	Rechnervergleich.....	78
7.1.2	Offizielle Statistiken zum Konsum der Haushalte	85
7.1.3	Konsumentenorientierte Untersuchungen	87
7.2	Allgemeiner Verbrauch	89
7.3	Zusammenfassung	90
8	Empfehlungen für ein Standard-Tool zur Berechnung der persönlichen CO₂-Bilanz	93
9	Literatur	96
10	Anhang	105

1 Inhalte und Ziele des Projekts

Seit mehreren Jahren werden von unterschiedlichen Institutionen Tools zur Berechnung persönlicher CO₂- Bilanzen angeboten. Diese unterscheiden sich sowohl von den betrachteten Anwendungsgebieten als auch von den zu Grunde liegenden Emissionsfaktoren erheblich. Zudem sind auch die Bezugsgrößen (Einzelperson bzw. Haushalt) unterschiedlich und oft nicht klar ausgewiesen. Daher sollen im Rahmen dieses Projektes die bestehenden deutschsprachigen Rechentools miteinander verglichen und daraus ein optimiertes, in sich konsistentes und transparentes Tool entwickelt und für die breite Nutzung (unabhängig von Einzelinteressen) bereitgestellt werden.

Ziel des internetbasierten Rechentools ist es, Bürgerinnen und Bürgern in Deutschland die Möglichkeit zu geben, in relativ kurzer Zeit an Hand weniger Daten ihre persönliche CO₂-Bilanz darstellen und vergleichen zu können.

Dabei sollen folgende treibhausgasrelevante Bedürfnisfelder berücksichtigt werden, bei denen auch ein Handlungsspielraum bei dem Einzelnen zur Verminderung der Emissionen besteht:

- Wohnen (Raumwärme, Warmwasser, Stromwendungen...)
- Mobilität (MIV, ÖPNV, Flugverkehr...)
- Ernährung
- Persönlicher Konsum
- Allgemeiner Verbrauch

Um eine gute Vergleichbarkeit der Emissionen auch zwischen den einzelnen Bedarfefeldern, beziehen sich die Ergebnisse grundsätzlich auf **CO₂-Äquivalente**. Dadurch sind neben CO₂ auch die Klimawirkungen von CH₄ und N₂O berücksichtigt.

Ein Vergleich der Ergebnisse verschiedener Rechentools zeigt Abweichungen um den Faktor 2 bis 3. Ursache dafür sind im Wesentlichen unterschiedliche Berechnungsansätze. Nicht alle Tools berücksichtigen außerdem die oben genannten fünf Bereiche. Einige beschränken sich z.B. auf den Energieverbrauch der Haushalte im Wohnbereich. Oftmals besteht außerdem keine eindeutige Abgrenzung zwischen der Berechnung der Emissionen mit Bezug auf den Einzelnen und den gesamten Haushalt. Je nach Quelle unterscheiden sich auch die Emissionsfaktoren. In diesem Bericht werden deshalb auch geeignete Emissionsfaktoren für die einzelnen Bereiche dargestellt.

Die persönliche CO₂-Bilanz wird schließlich mit dem nationalen Durchschnitt verglichen. Da die Gesamtemissionen eines Landes nur schwierig auf die individuelle Ebene übertragbar sind, wurden nationale Statistiken auf ihre Kohärenz mit den einzelnen Bedürfnisfeldern überprüft und ggf. in die persönliche Bilanz überführt. Dadurch konnten die Emissionen eines durchschnittlichen Bürgers ermittelt werden. Wichtigste Literaturquellen für die nationale Bilanz waren der Treibhausgasreport der deutschen Bundesregierung von 2006 und Teile der Umweltökonomischen Gesamtrechnung 2006.

Die Emissionsfaktoren des Rechentools beziehen sich in der Regel auf das Jahr 2005 und werden in den nächstens Jahren laufend aktualisiert.

Recherche CO₂-Bilanz des Bürgers – t CO₂/Kopf

2 Wie viele Tonnen CO₂ pro Bürger?

Für die jährlichen Pro-Kopf-Emissionen der Bundesbürger kursieren zurzeit Werte um 11 t CO₂. Um einen Vergleich mit den Ergebnissen aus der persönlichen CO₂-Bilanz der Rechner zu ermöglichen, werden zu Beginn die zu Grund liegenden Bilanzen betrachtet. Vor allem im Bereich Verkehr, insbesondere im internationalen Flugverkehr, gibt es sehr unterschiedliche Bilanzierungsansätze.

2.1 Prinzipien zur Erstellung einer Emissionsbilanz:

Grundsätzlich gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten den CO₂ Ausstoß zu bilanzieren. Eine *Quellenbilanz* enthält sämtliche Emissionen, die aufgrund von Ressourcenverbrauch im Land entstehen. Jeder Sektor ist damit nur für die Emissionen verantwortlich, die direkt im Produktionsprozess oder bei der Bereitstellung von Strom und Wärme vor Ort entstehen. Der nationale Inventarbericht stellt eine solche Quellenbilanz dar. Eine *Verbrauchsbilanz* bezieht auch den Außenhandel mit ein und berücksichtigt zusätzlich diejenigen Emissionen, die außerhalb der Landesgrenzen in Folge von Wertschöpfungsketten entstehen oder dorthin fließen /UBA 2005a/. Damit werden auch energieintensive Industriezweige berücksichtigt, die sich im Zuge der Globalisierung immer mehr ins Ausland verlagern.

Eine wichtige Größe zur Berechnung der Emissionsbilanz ist der Primärenergieverbrauch, der den Energieverbrauch in Joule misst. Eine Unterteilung nach verwendeten Energieträgern erlaubt es, den Verbrauch in CO₂ Emissionen umzurechnen. Für jeden Primärenergieträger gibt es entsprechende Faktoren.

Die Definition des statistischen Bundesamts lautet: „Unter dem **Primärenergieverbrauch** im Inland versteht man die Menge an gewonnenen (d. h. aus der Natur entnommenen) Energieträgern zuzüglich importierter Primär- und Sekundärenergieträger sowie Bestandsentnahmen an Energieträgern abzüglich exportierter und in Beständen angelegter Energieträger“ /StBA 2006a, S. 40/.

2.2 Nationale Bilanzen

Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW)

Das DIW ermittelt jährlich die energiebedingten CO₂-Emissionen pro Kopf. Diese berechnen sich aus folgender Formel:

$$t \text{ CO}_2 / (\text{Kopf} * a) = \text{Energiebedingte CO}_2\text{-Emissionen} / \text{Einwohnerzahl}$$

Energiebedingte Emissionen bezeichnen solche Emissionen, die bei der Verbrennung von Energieträgern entstehen. Dies umfasst die Energieerzeugung / -umwandlung, Verbrennungsprozesse in der Industrie, den Haushalten und im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistung, sowie der Brennstoffverbrauch im Verkehrssektor innerhalb Deutschlands.

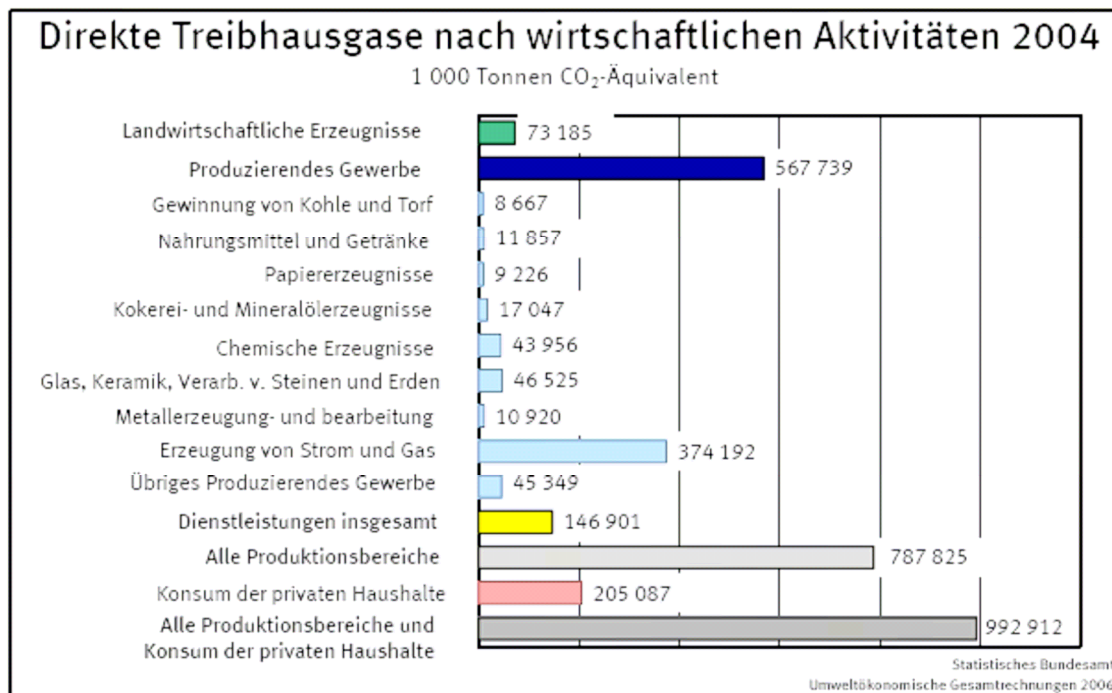
Es fehlen die Emissionen, die in Folge von industriellen Prozessen entstehen (z.B. Zementherstellung) oder aus der Landwirtschaft bzw. Landnutzung stammen. Die Werte beziehen sich nur auf CO₂, d.h. die restlichen Treibhausgase CH₄, N₂O, HFCs, PFCs und SF₆ bleiben vernachlässigt.

Seit 1990 sind die pro Kopf-Emissionen von 12,7 Tonnen auf 10,2 Tonnen im Jahr 2003 gesunken /DIW 2004/. Für das Jahr 2005 ermittelte das DIW deutschlandweit insgesamt 872 Mio. Tonnen energiebedingtes CO₂ /DIW 2006a/. Auf den Bürger gerechnet sind das 10,6 Tonnen.

Berechnungen des Bundesamts für Statistik

Die jährlich veröffentlichten Ergebnisse der umweltökonomischen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamtes enthalten ebenfalls Angaben über verursachte Treibhausgasemissionen. Für das Jahr 2004 ergeben über alle Bereiche zusammen 992.912.000 t CO₂-Äquivalente bzw. **12,04 t** pro Person bei 82,501 Mio. Einwohnern. Insgesamt werden nur diejenigen Emissionen berücksichtigt, die tatsächlich im Land entstehen (Quellenbilanz) /StBA 2006a/.

Abb. 1: Direkte Treibhausgase nach wirtschaftlichen Aktivitäten 2004



Quelle: StBA 2006

Faktor EXPORT

Im Treibhaus-Inventarbericht der Bundesrepublik, der jährlich im Zuge der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention verfasst wird, wird auch der gesamte Emissionsausstoß der Industrie bilanziert. Für die Bilanz des Bürgers heißt das, auch Emis-

sionen bedingt durch Energieumwandlung und industriebedingte Prozesse für die Herstellung von Exportgütern landen auf seinem Konto.

Andererseits müssten auch zusätzliche Emissionen durch Güter verbucht werden, die im Ausland produziert und nach Deutschland importiert werden, die schließlich in den nationalen Bilanzen anderer Länder auftauchen. Diese Form des indirekten Energieverbrauchs, häufig auch „graue Energie“ genannt, wird in der Bilanzierung unter der Klimarahmenkonferenz nicht berücksichtigt. Ein großer Teil der energieintensiven Industrien wanderte bereits aus Deutschland ab (z.B. Stahlindustrie), sodass diese Produkte jetzt aus dem Ausland importiert werden müssen, womit Emissionen nicht mehr dem deutschen Konsumenten sondern der Herstellernation angerechnet werden.

CO₂-Rechner versuchen allerdings, Emissionen verursachergerecht darzustellen. Der Bericht zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen 2006 gibt wertvolle Hinweise für die Energie- und Emissionsintensität der importierten und exportierten Güter.

Dort heißt es: „Der indirekte Energieimport durch Güterimport belief sich im Jahr 2003 auf 5.166 PJ. Dem stand ein indirekter Energieexport durch Güterexport von 6.633 PJ gegenüber“ /StBA 2006a, S. 42/. Tendenziell wird also mehr graue Energie exportiert, als wir durch Importe wieder aufnehmen.

Der Import und Export von Gütern lässt sich auch anhand der verursachten Treibhausmissionen analysieren. Güter, die aus Deutschland exportiert wurden, verursachten 2003 insgesamt 407,7 Mio. Tonnen Treibhausgas. Im Gegenzug steckten in importierten Gütern 380,1 Mio. Tonnen. Aus dieser Bilanz ergibt sich ein geringer Treibhausgas-Exportüberschuss von 27,6 Mio. Tonnen.

Betrachtet man also die Menge der Emissionen, die durch den Güterfluss „über die Landesgrenzen fließen“, scheint es nahezu einen Ausgleich zwischen Import und Export zu geben. Allerdings gelten in der Bilanz für Güter die im Ausland produziert wurden, dieselben Emissionsintensitäten wie für die heimische Produktion. In der Realität weichen die spezifischen Emissionen (CO₂ und andere THGe) nach örtlichen Umweltstandards voneinander ab.

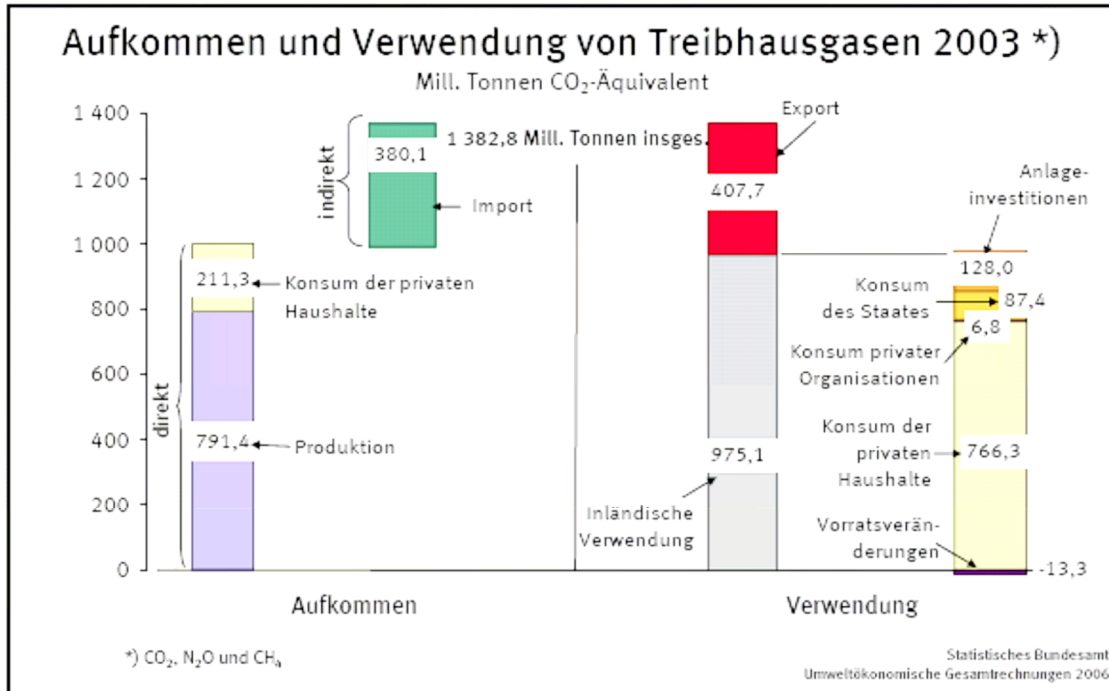
Die Gesamtheit der jährlichen Emissionen einschließlich Import und Export (1.382,8 Mio. Tonnen) ergeben mit 82,532 Millionen Einwohnern **16,75 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Kopf**. Das statistische Bundesamt berücksichtigt dabei nur die drei wichtigsten Treibhausgase CO₂, N₂O, CH₄. Ohne Export reduziert sich der Pro-Kopf-Ausstoß auf **11,8 Tonnen** pro Jahr /StBAa 2006a/.

Der Inventarbericht 2005 des UBA gibt für dieselben Treibhausgase in der Bilanz für 2003 insgesamt nur 1.004,3 Mio. t CO₂-Äquivalente vor. Diese Angabe entspricht ungefähr den Emissionen der Aufkommenseite (siehe Abb. 2) ohne Importe /UBA 2005a/.

Ein Ausschluss der Gase N₂O und CH₄ aus der Bilanz führt zu niedrigeren Ergebnissen. Die gesamte Verwendung abzüglich der Emissionen für Export reduzieren die Gesamtemission auf **9,99 t CO₂ pro Person**.

Der Konsum des Staates trägt mit **0,88 t** zur persönlichen Bilanz bei /StBAa 2006a/.

Abb. 2: Aufkommen und Verwendung von Treibhausgasen 2003



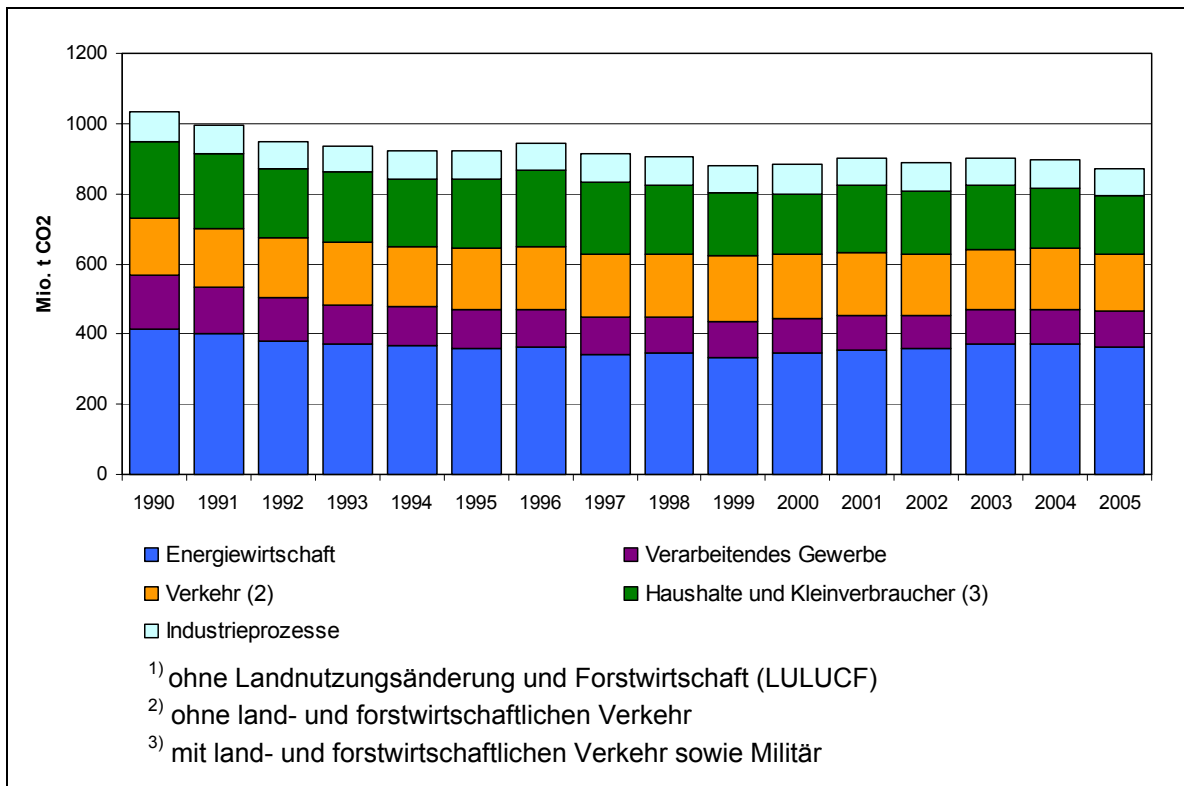
Quelle: StBA 2006a

Berechnungen des UBA

Das UBA veröffentlicht im Rahmen der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention jährlich aktuelle Treibhausgas-Bilanzen. Der sogenannte nationale Inventarbericht hat den Anspruch, sämtliche Treibhausgasemissionen, die in Deutschland ausgestoßen werden, zu erfassen. Der Bericht untergliedert die Emissionen in die Kategorien Energie, Industrieprozesse, Lösemittel, Landwirtschaft und Landnutzung-, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft, Landwirtschaft und Abfall und Abwässer.

Die Angaben in Abb. 3 beziehen sich nur auf CO₂-Emissionen und zeigen sektorbezogen den deutlichen Rückgang der Emissionen seit 1990. Die Verbrennung von festen, flüssigen und gasförmigen fossilen Brennstoffen ist für die Höhe der Emissionen ausschlaggebend. Industrieprozesse machen insgesamt nur einen sehr kleinen Anteil aus /UBA 2007/.

Das Bilanzierungsverfahren lässt nur bedingt Rückschlüsse auf den Verbrauch der Haushalte zu. Da es sich um eine Quellenbilanz (nach dem Standortprinzip) handelt, werden Emissionen ihrem direkten Verursacher zugeordnet und nicht dem Endverbraucher. Haushalte verursachen durch Stromverbrauch, Verkehr und Güterkonsum weitaus mehr Emissionen, die hier den Sektoren Energiewirtschaft, verarbeitendes Gewerbe und Verkehr zugeordnet sind. Zum Beispiel liegt der direkte Anteil der Haushalte am Stromverbrauch in Deutschland bei knapp 30 % /VEDW 2006/. Die nachfolgende Graphik enthält im Bereich Haushalt lediglich die Emissionen der stationären Feuerungsanlagen für die Raumheizung.

Abb. 3: Emissionen von Kohlendioxid (CO₂) in Mt¹)

Quelle: UBA 2007

Insgesamt ergeben sich aus der Übersicht spezifische CO₂-Emission pro Bürger von 12,6 t (1990), 10,9 t (1995) und 10,5 t (2001). Bis heute (Stand 2005) schwanken die Pro-Kopf Emissionen geringfügig und liegen zuletzt bei **10,6 t CO₂¹**.

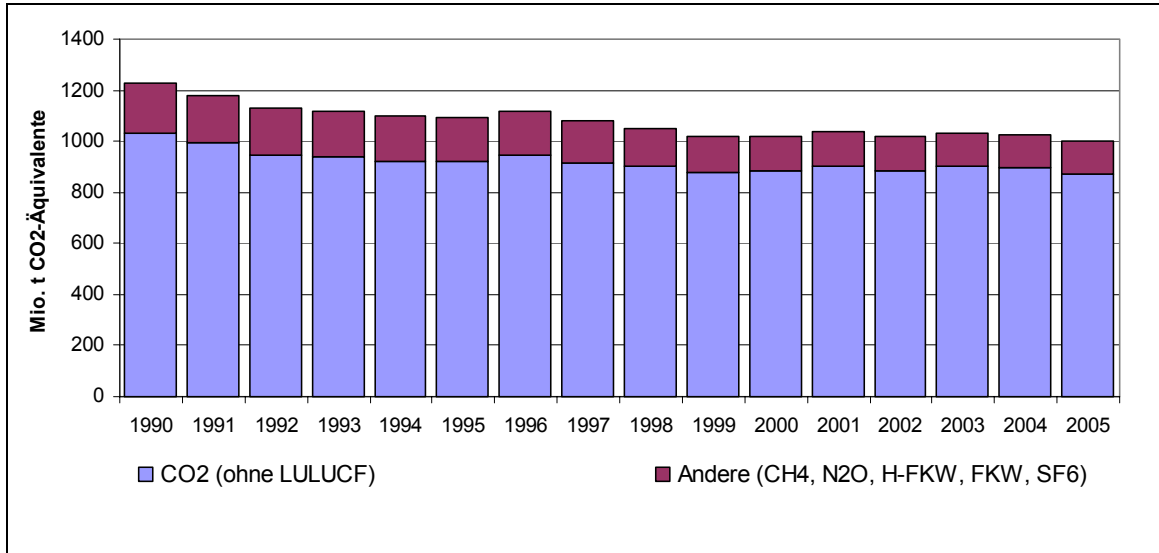
Es ist hier nur möglich, den gesamten Pro-Kopf-Ausstoß eines Bundesbürgers zu bemessen, ohne den Einfluss des transnationalen Energieflusses durch Import und Export zu berücksichtigen. Die Besonderheiten in der Bilanz für den Flugverkehr werden im Kapitel 5.2.3 diskutiert.

Für den Treibhauseffekt sind außer CO₂ auch die Gase CH₄, N₂O, HFCs, PFCs und SF₆ in unterschiedlichem Maße verantwortlich. Für eine bessere Vergleichbarkeit wird ihre Klimawirksamkeit häufig in CO₂-Äquivalenten angegeben. Für den Bürger scheint es sinnvoll, auch diese THGs bei der Berechnung der persönlichen Bilanz zu beachten. Im nationalen Inventarbericht finden sich auch dazu die entsprechenden Informationen.

Wie in Abb. 4 dargestellt, sind die CO₂-äquivalenten Emissionen pro Kopf höher als bei der Betrachtung von reinem CO₂. Sie sanken kontinuierlich von 15,4 t (1990) auf 13,4 t (1995) und 12,5 t (2003). Laut aktueller Hochrechnungen für das Jahr 2005 lagen die Pro-Kopf Emissionen bei **12,15 t /UBA 2007/**.

¹ Einwohnerzahlen nach Statistischen Bundesamt: 79,8 Mio. (1990), 81,7 Mio. (1995), 82,44 Mio. (2001), 82,53 Mio. (2003), 82,44 Mio (2005)

Abb. 4: Entwicklung der sechs im Kyoto-Protokoll genannten Treibhausgase in Deutschland



Quelle: UBA 2007

Deutschland verpflichtete sich im Rahmen des Kyoto-Protokolls, Emissionen bis 2012 um mindestens 21 % zu reduzieren. Für die Treibhausgase CO₂, CH₄, N₂O gilt das Jahr 1990 als Referenzpunkt, für H-FKW, FKW und SF₆ rechnet man ab 1995. Um das Ziel zu erreichen, müssen noch weitere Maßnahmen ergriffen werden.

2.3 Personenbezogene Bilanzen

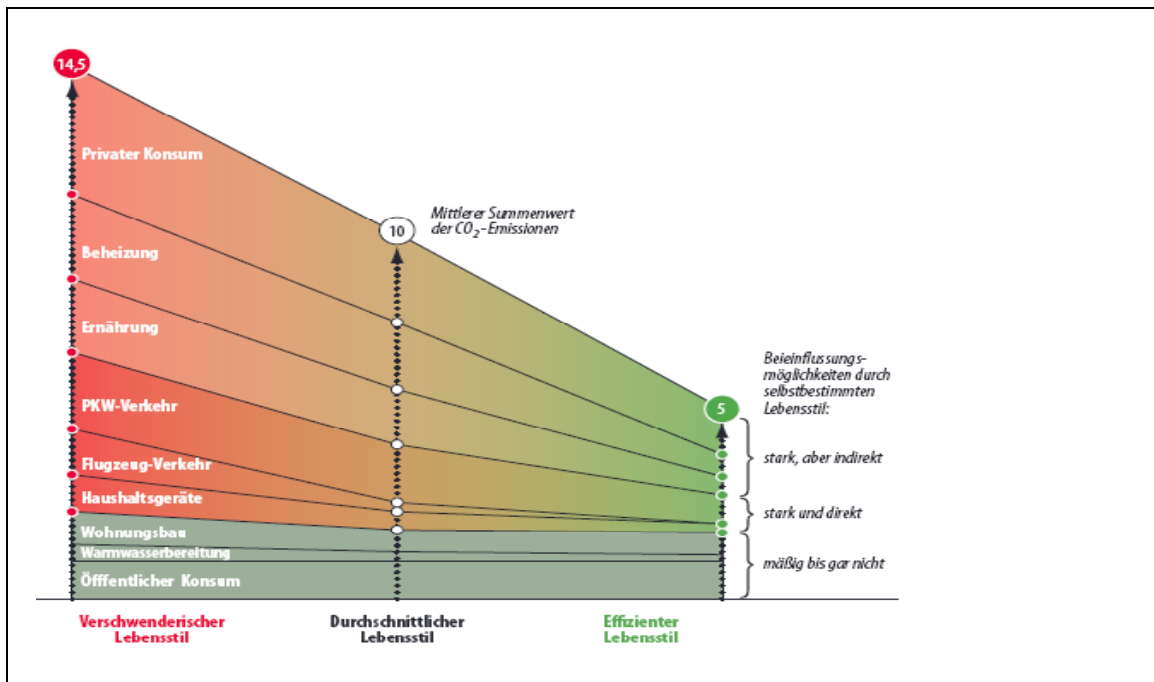
Im Gegensatz zur Gesamtbetrachtung der Emissionen auf nationaler Ebene und einer Ableitung des Pro-Kopf Ausstoßes, gehen andere Studien direkt vom Konsumenten aus. Diese Sammlung personenbezogener Bilanzen zeigt nicht nur den Durchschnitt, sondern auch die Spanne der Pro-Kopf Emission, die je nach Verhalten variiert.

Das Wuppertal-Institut erstellte eine eigene Übersicht der Pro-Kopf-Emissionen, die den Spielraum des Konsumenten durch sein Verhalten deutlich zeigt. Der Autor verwendet dabei einen durchschnittlichen Wert von 10 t CO₂ und bezieht sich auf den Europäischen Durchschnitt.

Die Abb. 5 verbildlicht die Möglichkeiten des Einzelnen, auf seine Bilanz Einfluss zu nehmen. Der absolute Unterschied zwischen einer besonders effizient lebenden Person und einer verschwenderischen Person beträgt 4,5 t CO₂. Ein Minimalist kommt also mit 5,2 t aus, während ein verschwenderischer Lebensstil 14,5 t CO₂ verursacht. Eine gewisse Grundemission ist nicht zu vermeiden, aber der Konsument hat die Wahl sich durch sein Konsumverhalten für die effiziente Lösung zu entscheiden. Die Grundemission von 1 t für Aufgaben der Allgemeinheit bleibt für alle gleich, in allen anderen Lebensbereichen bestehen weitreichende Möglichkeiten zur Reduktion /Barthel 2006a/.

Laut Auskunft des Autors handelt es sich um eine grobe Überschlagsrechnung. Die Spanne bezieht sich auf die Möglichkeit Emissionen durch umweltbewussteres Verhalten oder geringe Investitionen zu reduzieren ohne den Lebensstil komplett zu wandeln. Bei Heizung, PKW, Warmwasser könnte man theoretisch bis auf 0 t gehen.

Abb. 5: CO₂ Emissionen in Tonne pro Kopf und Jahr

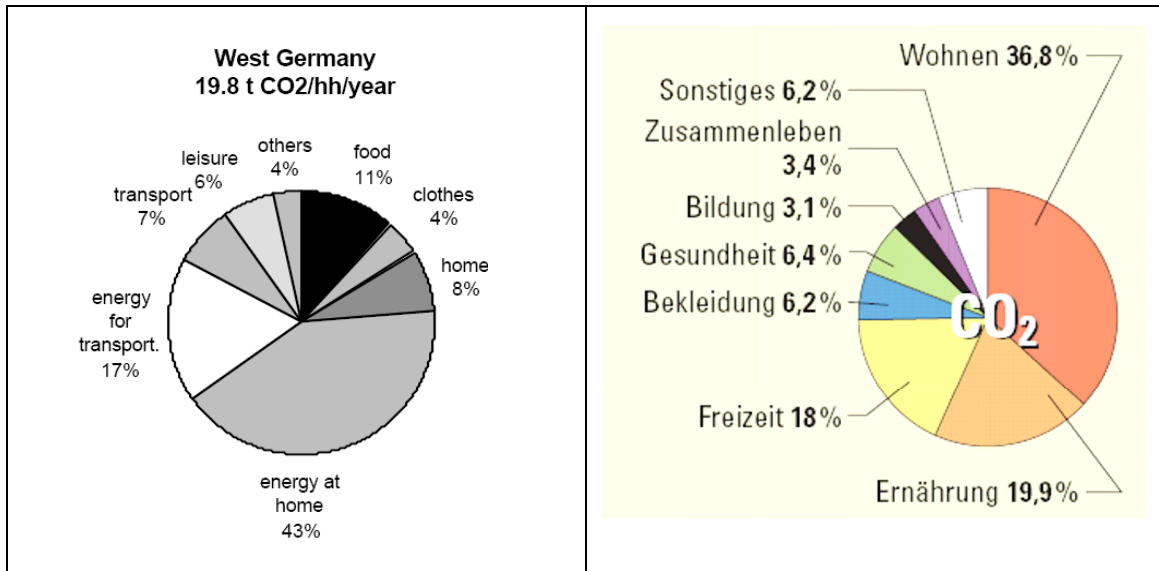


Quelle: Barthel 2006a

Eine weitere Untersuchung von Christoph Weber (IER Stuttgart) beleuchtet Emissionen aus der Konsumentenperspektive. In der Studie wird sowohl der direkte als auch der indirekte Energieverbrauch mitsamt Emissionen bilanziert. Ziel ist es Ansatzpunkte für eine langfristige Änderung von Konsummustern zu entwickeln. Konsumentengruppen richten sich nach der Altersstruktur und der Größe des Haushalts. Die Einteilung unterscheidet in Familien mittleren Alters, junge Familien, alte Paare, Paare mittleren Alters, junge Paare, alte Singles, Singles mittleren Alters und junge Singles /Weber, Perrels 2000/.

Nach Abb. 6 verteilen sich in Westdeutschland die Emissionen eines Haushalts zum größten Teil auf den Energieverbrauch im Haus (43%), Transport (17%) und Ernährung (11%). Im Jahr 1990 lag die durchschnittliche Haushaltsgröße noch bei etwa 2,3 Personen, womit der jährliche Pro-Kopf-Anteil nach der Haushaltsbilanz von Weber bei 8,6 Tonnen CO₂ liegt. Daneben findet sich eine vergleichbare Statistik des Wuppertal Instituts aus dem Jahr 1991, die Emissionen ebenfalls nach Bedarfsebenen differenziert. Allerdings stimmen die Aufteilungen nicht überein. Das Wuppertal Institut integriert den Bereich Verkehr in die Bedarfsebenen, Weber vernachlässigt allgemeine Emissionen für die Bildung oder das Zusammenleben.

Abb. 6: Anteile der CO₂-Emissionen im Westdeutschen Haushalt

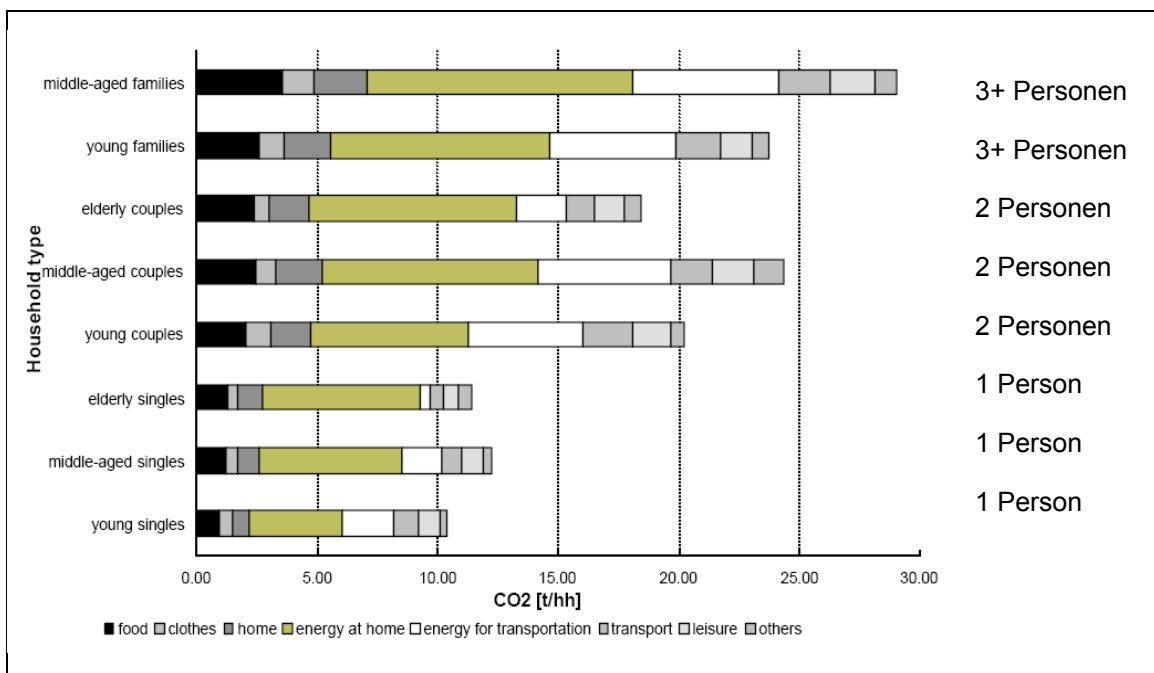


Quelle: Weber, Perrels 2000

WI 1999a

Der Höhe der absoluten Emissionen hängt bei Weber vom Haushaltstyp ab (siehe Abb. 7). Dabei bleibt unklar, für wie viel Personen ein Familienhaushalt steht. Nach dieser Auswertung ist der Verbrauch pro Person sehr altersabhängig. Junge Menschen kommen mit etwa 10,5 t aus, alte Menschen produzieren etwa 12 t. Mit ungefähr 12,5 t tragen Singles mittleren Alters am meisten zum Klimaeffekt bei.

Abb. 7: Vergleich der CO₂-Emissionen verschiedener Haushaltstypen (Westdeutschland 1990).



Quelle: Weber, Perrels 2000

2.4 Zusammenfassung

Der Wert der Pro-Kopf-CO₂-Emissionen hängt sehr stark vom gewählten Bilanzrahmen ab. Deshalb lohnt es sich Statistiken genauer zu betrachten. Nach welcher Methode wird bilanziert (Quellenbilanz oder Verbrauchsbilanz)? Sind nur CO₂-Emissionen berücksichtigt oder handelt es sich um CO₂-Äquivalente? Welche Sektoren fließen in die Berechnung ein? Das DIW bezieht sich z.B. nur auf energiebedingte Emissionen, Studien des UBA sind dagegen sehr viel umfassender. Letztendlich spielen auch Annahmen innerhalb der Sektoren eine große Rolle, z.B. werden die Emissionen des Luftverkehrs nur zu 20% im nationalen Treibhausgasreport angerechnet. Unter Einbezug des Warenimport und –export erhöht sich der durchschnittliche Ausstoß pro Bürger in Deutschland. Allerdings sind die Daten der Import- Exportbilanz noch mit großen Unsicherheiten belastet.

Insgesamt bewegen sich die Zahlen für die Jahre 2002 bis 2005 in einer Spanne von 10 bis 12,5 t CO₂/Person. Die gängige Annahme von 11 t CO₂/Person liegt in diesem Bereich und konnte durch die Recherche bestätigt werden.

Tab. 1: Übersicht der CO₂-Bilanzen für Deutschland

Quelle	Jahr	t CO ₂ /Person.	Kommentar
DIW	2002	10,3	nur energiebedingte CO ₂ Emissionen, Quellenbilanz
UBA	2003	10,5	energiebedingte CO ₂ Emissionen plus Industrieprozesse, Quellenbilanz
UBA	2003	12,3	CO ₂ -Äquivalente, alle Sektoren, Quellenbilanz
UBA	2004	10,7	energiebedingte CO ₂ Emissionen plus Industrieprozesse, Quellenbilanz
UBA	2005	12,15	CO ₂ -Äquivalente, alle Sektoren, Quellenbilanz
UBA	2005	10,6	energiebedingte CO ₂ Emissionen plus Industrieprozesse, Quellenbilanz
StBA	2004	12,0	CO ₂ -Äquivalente für CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ , Quellenbilanz.
StBA	2003	11,8	CO ₂ -Äquivalente für CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ , Verbrauchsbilanz.
StBA	2003	9,99	CO ₂ Emissionen, Verbrauchsbilanz
WI	2006	5 – 14,5	persönliche Bilanz, CO ₂
Weber	1990	10 – 12,5	persönliche Bilanz, CO ₂

Im Hinblick auf einen Vergleich der durchschnittlichen Pro-Kopf-Emissionen in Deutschland mit den individuell errechneten Werten aus dem CO₂-Tool macht es Sinn mit **CO₂-Äquivalenten** zu arbeiten. Die Bereiche Ernährung und Konsum wären sonst in einer Bilanz unterrepräsentiert. Auch im Luftverkehr fallen neben CO₂ weitere Emissionen an, die großen Einfluss auf das Klima haben. Hierfür liegt der Pro-Kopf Ausstoß eher höher, bei etwa 12 Tonnen.

Aus der umfangreichen Recherche zum Energieverbrauch in Deutschland schlägt das ifeu für den nationalen CO₂-Rechner folgende Durchschnittswerte vor, die mit nationalen Statistiken kompatibel sind. Da sich der existierende Rechner des Bayerischen Landesamt für Umwelt als Basis für ein umfassendes Tool besonders eignet, werden die Ergebnisse hier gegenübergestellt:

Tab. 2: Durchschnittlicher CO₂-Fußabdruck des deutschen Bundesbürgers

	Vorschlag t CO ₂ /Pers.	Art der E- missionen	Quelle, Kommentar	LFU t CO ₂ /Pers.
Wohnen	2,72	CO ₂ -Äqu.		3,4
Strom	0,75	CO ₂ -Äqu.	VDEW 2005, ifeu, Kapitel 4.2.2	0,9
Heizung	1,97	CO ₂ -Äqu.	AG Energiebilanzen 2005, E-coinvent 1.2., ifeu, DEHSt 2004, Kapitel 4.2.1	2,5
Verkehr	2,52	CO ₂ -Äqu.		1,8
PKW	1,56	CO ₂ -Äqu.	ifeu, Kapitel 5.2.1	1,4
ÖPNV	0,11	CO ₂ -Äqu.	ifeu, Kapitel 5.2.1	0,23
Flug	0,85	CO ₂ -Äqu.	ifeu, Inländerprinzip, mit RFI, Kapitel 5.2.3	0,17
Ernährung	1,65	CO ₂ -Äqu.	Mittelwert, StBA 2006, Kapitel 6.2	1,5
Allgemeinheit	1,24	CO ₂ -Äqu.	StBA, Kapitel 7.2	1,0
Konsum	2,75	CO ₂ -Äqu.	StBA, Kapitel 7.1.2	2,7
Insgesamt	10,88	CO ₂ -Äqu.		10,5

3 Rechnerübersicht und Kurzbeschreibungen

Für die Recherche zur Erstellung eines nationalen CO₂-Rechentools wurden insgesamt 18 bereits existierende Rechner in deutschsprachigen Ländern identifiziert und verglichen. Es besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit.

Tab. 3: Übersicht der bestehenden Rechner

	W	M	E	K	Link (Kommentar)
Atmosfair		x			https://www.atmosfair.de/index.php?id=5 (nur Flug)
AVERATEC	x	x			http://www.averatec.de/service/co2_down.htm
BP	x	x			http://www.deutschebp.de/extendedgenericarticle.do?categoryId=9008474&contentId=7015572
CO₂[O]L	x	x			http://www.co2ol.de/index.php?id=88&L=3 (Im Bereich Mobilität nur Auto und Flugzeug))
DB		x			http://www.bahn.de/umweltmobilcheck (Vergleich Bahn zu Auto und Flugzeug)
					http://www.umweltbildung.at/cgi-bin/cms/af.pl?contentid=1499
Ecocheck	x	x	x		http://ecocheck.lebensministerium.at/
Ecospeed	x	x	x	x	http://www.ecospeed.ch/index.html
Energiecheck EA NRW	x				http://www.ea-nrw.de/haushalt/energiecheck/ (nur Haushaltsgeräte)
Energiediät	x	x	x	x	Brauchen Sie eine Energiediät? Programm-Version V1.1 1996
FH Bielefeld	x	x	x	x	www.energiesparen-macht-schule.de/CO2paket.htm
Greenpeace	x	x	x		www.greenpeace-magazin.de/magazin/extra/GPM_4-04_klimatest.pdf
IWR	x	x			http://www.iwr.de/re/eu/co2/co2.html
Klimabalance	x	x	x		http://www.klimabalance.de/kb/mein_klimaprofil/index.shtml
LFU	x	x	x	x	http://www.bayern.de/lfu/luft/co2_rechner/index.html
NewTree		x			http://www.newtree.org/de/web/index.php?id=172
PrimaKlima	x	x			http://www.prima-klima-weltweit.de/beitrag/rechner.php3?choice1=beitrag&choice2=rechner
Proclim	x	x	x	x	http://www.proclim.ch/Facts/pcc/index.html
SEIN	x	x			http://www.sein.de/index.php?option=com_content&task=view&id=372&Itemid=230 (Im Bereich Mobilität nur Auto)

W: Wohnen; M: Mobilität; E: Ernährung; K: Konsum

Im folgenden werden die verschiedenen Tools kurz vorgestellt. Anschließend erfolgt ein Vergleich der Tools auf Ebenen der unterschiedlichen Anwendungsbereiche.

Der Rechner benutzt Standard-Werte für die Emissionen aus Heizung und Stromverbrauch je nach Haushaltsgröße und Haustyp. Danach kann die Person in den Kategorien Einsatz neuer Technologien, persönliche Gewohnheiten und Qualität der Geräte im Haushalt angeben, wie effizient sie lebt. Die CO₂- Emissionen werden daraufhin vom Programm automatisch angepasst. Die Angaben sind kaum auf individuelle Verhältnisse angepasst, sondern gehen vom Durchschnittsbürger aus. Die Angaben erscheinen für den Nutzer wenig transparent, die Emissionen werden lediglich auf einer Graphik am Bildrand abgebildet. Der Bereich Mobilität wird sehr ergebnisorientiert abgefragt, dafür fehlen Angaben über Konsum, Ernährung und allgemeine Emissionen völlig. Die Ergebnisse beziehen sich schließlich auf den ganzen Haushalt.

Kurzbeschreibungen der Rechentools (alphabetisch geordnet):

Atmosfair

Atmosfair hat sich auf Emissionen im Luftverkehr spezialisiert. Die Entwickler verwendeten ausschließlich Daten aus wissenschaftlichen Studien, die eine angemessene genaue Berechnung der klimawirksamen Emissionen zulassen².

Averatec

Der von Averatec und Climate Partner (www.climatepartner.com) angebotene Rechner beschränkt sich auf die Bereiche Mobilität und Wohnen. Emissionen können anhand der gefahrenen Kilometer für verschiedene Verkehrsmittel bzw. der Verbrauchswerte für Strom und Heizung sehr schnell überschlagen werden. Faktoren lassen sich leicht ablesen. Die Firma Averatec verkauft benutzerfreundliche Laptops für klimabewusste Konsumenten, denn alle Produkte werden klimaneutral kompensiert.

BP

CO2[O]L

Betreiber des Rechners ist der Verein zur Verminderung von CO₂ in der Atmosphäre. Er berechnet Emissionen in den Bereichen: Mobilität (Auto, Flugzeug), Wohnen (nur nach tatsächlichem Verbrauch), Shopping (Emissionen für die Lieferung von Produkten), Living (Pauschale pro Monat für Singles oder Familien). Der Nutzer soll dazu angeregt werden, seine Emissionen durch den Kauf entsprechender Zertifikate auszugleichen.

² Atmosfair (o.J.): Der Emissionsrechner. <http://www.atmosfair.de/index.php?id=27&L=32%2Fklimaschutzprojekte.htm>

DB

Der Umweltmobilcheck ermöglicht dem Benutzer einen direkten ökologischen Vergleich zwischen Auto und Bahn durchzuführen. Die Datenbasis des Rechners stammt aus der Mobilitäts-Bilanz der Deutschen Bahn, die das ifeu Institut wissenschaftlich begleitete³. Hier lassen sich für jede beliebige Bahnverbindung innerhalb Deutschlands die zugehörigen CO₂ Emissionen berechnen. Außer den anfallenden CO₂ Emissionen werden auch der Energieverbrauch des Fahrzeugs sowie der Energieressourcenverbrauch mitkalkuliert. Diese werden der Fahrt mit dem PKW gegenübergestellt.

Ecocheck (Umweltbildung Österreich)

Das Tool wird von den Anbietern des Forum Umweltbildung Österreich sowie des Lebensministeriums genutzt. Es handelt sich hierbei um ein sehr ausführliches Tool, das alle 4 großen Bereiche abdeckt. Beim Wohnen gibt der Benutzer keine Verbrauchswerte ein, sondern sein Profil wird aufgrund des Typs, der Bauart und des thermischen Zustand des Hauses, sowie nach Alter der Heizungs- und Warmwasseranlagen bestimmt. Für die Emissionen im Verkehr besteht eine große Auswahl an Verkehrsmitteln und sogar Carsharing wird berücksichtigt.

Fragen zur Ernährung berücksichtigen ähnliche Faktoren wie der LfU-Rechner und schließen zusätzlich Getränke und Verpackung mit ein. Ein besonders aufwändiger Fragenkatalog testet den Bereich Konsum, wobei hier die Qualität und Nutzung von Haushaltsgeräten erfasst wird. Hintergrundinformationen geben Tipps für die sparsame Verwendung.

Der ganze Komplex Konsum beansprucht die meiste Zeit bei der Datenerfassung. Die einzelnen Faktoren werden weder genannt noch erklärt.

Das Programm zielt auf eine hypothetische Teilnahme des Benutzers im Emissionshandelssystem ab.

Ausgangspunkt für die Berechnung ist der durchschnittliche Ausstoß eines österreichischen Bürgers minus die Verpflichtungen Österreichs aus dem Kyoto-Protokoll (-13 %).

Eco2-privat

Den Eco2-privat Rechner gibt es in einer schlanken und einer detaillierten Version, wobei sich die Betrachtung auf die detaillierte Form bezieht. Er wurde im Rahmen der „2000 Watt Gesellschaft“ an der ETH Zürich erstellt. Die Berechnungen erscheinen sehr ausführlich in allen vier Hauptbereichen. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt sehr übersichtlich als Graphik oder Tabelle mit mehreren Wahlmöglichkeiten.

Der Nutzer kann zwischen den Werten für Endenergie und Primärenergie wechseln und sich am Schweizer Durchschnitt ebenso wie mit den restlichen Regionen der Welt

³ DB (1999): Mobilitätsbilanz für Personen und Güter, Deutsche Bahn AG, Berlin.

messen. Außerdem unterscheidet die Graphik zwischen grauem und direktem Energieverbrauch mit den entsprechenden Emissionswerten.

Die Daten des Strom- und Heizverbrauchs können entweder über Haustyp, Nutzerverhalten, Lage und Klima geschätzt werden oder direkt in der entsprechenden Einheit angegeben werden.

Außerdem kann sich der Nutzer seine Bilanz mit Maßnahmen ansehen. Wahlmöglichkeiten sind: Ecodrive, Klasse A Elektrogeräte, Klasse A Fahrzeuge, Wasserspararmaturen, Bahn statt Kurzstreckenflüge, Produkte mit Ökolabel, Wechsel des Stromanbieters mit einem größeren Anteil an erneuerbaren Energien.

Energiecheck der Energieagentur NRW

Der Energiecheck bietet eine Möglichkeit den eigenen Haushalt mit dem Stromverbrauch anderer Haushalte der gleichen Größe zu vergleichen. Sämtliche elektrische Geräte in den Kategorien Kühlen, Gefrieren, Kochen, Spülen, Waschen, Trocknen, Licht, TV/Audio, Büro und Hilfsenergie für die Warmwasserbereitung werden sehr genau erfasst um den gesamten Stromverbrauch zu errechnen.

Energiediät

Dieser Rechner basiert auf der Datengrundlage einer Fragebogenaktion von Greenpeace und dem Global Challenges Network 1992. Das Ergebnis erschien erstmals unter dem Titel „Brauchen Sie die Energiediät“ im Greenpeace Magazin. Im Unterschied zu allen anderen vorgestellten Rechnern ermittelt dieser Rechner das Ergebnis in kWh/Jahr, angelehnt an das Konzept des 1,5 kW-Menschen von Peter Heinz Dürr.

Im Bereich Ernährung wird über Fragen zum Verhalten der Emissionsausstoß abgeschätzt. Wie auch der Schweizer Rechner Proclim, geht der Konsum in Form von Ausgaben in DM/Jahr in die Berechnung ein. Die genaue Aufschlüsselung braucht viel Zeit bei der Ausführung. Für den Verkehr wird zusätzlich der Energieaufwand bei der Herstellung der Autos berücksichtigt. Alle Faktoren sind für den Nutzer sichtbar.

FH Bielefeld, e&u Energiebüro

Das Programm wurde im Rahmen einer Studienarbeit an der Fachhochschule Bielefeld in Gemeinschaft mit dem Unternehmen e&u Energiebüro erstellt. Es deckt den Bereich Wohnen über Angaben des Strom und Heizverbrauchs ab. Im Verkehr ist max. ein Benzin und ein Diesel Wagen möglich, bei den öffentlichen Verkehrsmittel stehen Bus, Bahn und Flugzeug zur Auswahl. Für die Bereiche Ernährung und Konsum muss der Nutzer seinen Verbrauch selbst abschätzen. Das Programm gibt nur die Margen vor zusammen mit einer Beschreibung, wie das Verhalten den Emissionsausstoß beeinflusst. Für Ernährung und Konsum ist das jeweils ein Wert. Die allgemeinen Emissionen liegen fest bei 2,5 t pro Person.

Sämtliche Faktoren sind über die Excel-Tabelle abrufbar. Das Tool ist somit sehr transparent. Die gestalterische Ausführung ist wenig ansprechend. Das Endergebnis bezieht sich auf eine Person.

Das Internationale Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR) ermöglicht eine Bestimmung der Emissionen auf Basis der genutzten Verkehrsmittel mit Kilometerangaben sowie des Heizungs- und Stromverbrauchs anhand der gemessenen Werte. Es handelt sich um eine überschaubare Tabelle, aus der sich die Faktoren ableiten lassen. Das Endergebnis wird außerdem in der Anzahl zu pflanzender Fichten für die CO₂ Fixierung angegeben.

Außerdem gibt es die Möglichkeit, auf einem extra Blatt mögliche Ersparnisse in den folgenden Bereichen zu berechnen:

- Strom aus Erneuerbaren
- 3-Liter-Auto
- Stromverbrauch reduzieren
- Heizöl reduzieren
- Standby Betrieb verzichten

Greenpeace

Der Test funktioniert ohne computergestütztes Rechentool nach groben Standardwerten und ermöglicht es die persönlichen Emissionen einzuschätzen. In 3 Schritten wird der Nutzer zum Ergebnis geleitet. Im letzten Schritt verweist Greenpeace auf die 500 PPM Gesellschaft für Emissionshandel und Beratung, die ebenfalls einen Rechner betreibt. Zuerst liest der Nutzer seine Grundemissionen aus einer Matrix ‚Wohnfläche/Personen im Haushalt‘ ab. Das Ergebnis wird dann durch Angaben zu Verkehr und Ernährung nach oben oder unten korrigiert. Es bleibt bei einer sehr oberflächlichen Bilanzierung, dafür ist das Ergebnis schnell und einfach erstellt.

IWR

Klimabalance

Klimabalance ist eine Plattform die den Informationsaustausch über Klimaschutzprojekte unterstützt. Erklärtes Ziel ist es, den Emissionshandel auf internationaler Ebene zu fördern um Emissionsminderungen möglichst kostensparend durchzuführen. Jede Einzelperson kann sich dazu Emissionen aus Wohnen, Mobilität und Ernährung berechnen lassen.

Die Bereiche Mobilität und Ernährung sind sehr knapp gehalten und richten sich nach Durchschnittswerten. Für den Bereich Wohnen berücksichtigt das Programm für eine Schätzung des Verbrauchs die großen Stromverbraucher im Haushalt als auch das Alter sowie die energetische Modernisierung des Gebäudes.

Der Verein bietet neben CO₂-Rechner für jährliche Emissionen eines Privathaushaltes auch die Berechnung über längere Zeiträume an, sowie eine Bilanz für Einzelveranstaltungen.

Die Ergebnisse werden nicht weiter kommentiert, außer schließlich der Verweis auf die mögliche Unterstützung von Ausgleichsmaßnahmen. Bei den durchgeführten Tests fiel der Rechner durch seine niedrige Rechengeschwindigkeit auf.

LFU

Der Rechner des Bayerischen Landesamts für Umwelt gehört zu den umfassenden Instrumenten zur Erstellung persönlicher Emissionsbilanzen. Der Energieverbrauch eines Haushaltes kann entweder direkt über den Jahresverbrauch in die Berechnung eingehen oder über einen kurzen Fragenkatalog abgeschätzt werden. Emissionen für Ernährung und Konsum ermitteln sich aus 5 bzw. 4 Angaben zum persönlichen Verhalten. Ein Fixwert von 1 Tonne wird jedem Nutzer zum Schluss auf die persönliche Bilanz aufgeschlagen.

Bei der Ausführung bleibt unklar, wann der Rechner mit der Einheit „Haushalt“ und wann mit einer Person rechnet. Die eigene Bilanz misst sich sehr anschaulich (grafische Darstellung) am deutschen Bundesdurchschnitt.

New Tree

New Tree ist eine Initiative zur Wiederaufforstung in der Halbwüste der Sahelzone um die Lebensbedingungen der Menschen vor Ort zu verbessern. Der dazugehörige Rechner gibt nur einige Anhaltswerte für die Emission von CO₂.

Mit folgenden Faktoren lassen sich die Emissionswerte bestimmen:

100km Autofahren (mit 1.8 Personen) entspricht 20 kg CO₂ (bei 8.4 l/100km).

100 km Fliegen (Kurzstrecke) entspricht 18 kg CO₂ pro Person.

100 km Fliegen (Langstrecke) entspricht 11 kg CO₂ pro Person.

100 Liter Heizöl verbrennen entspricht 290 kg CO₂.

Prima Klima

PrimaKlima-weltweit- e.V. realisiert mit finanzieller Unterstützung von Wirtschaftsunternehmen, Privathaushalten, Kommunen u.ä. Aufforstungs- und Waldschutzmaßnahmen, um der Erhöhung der Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre entgegenzuwirken.

Proclim:

Hintergrund dieses CO₂-Rechners ist ein Fragebogen der Aktion KlimaSchutz von Greenpeace Schweiz. Er enthält einen umfassenden Fragenkatalog, der das Verhalten des Nutzers in den vier Bereichen Wohnen, Mobilität, Ernährung und Konsum abbildet.

Der Energieverbrauch wird nicht durch Zahlen eruiert, sondern durch die energetische Qualität des Gebäudes, Heizgewohnheiten, Warmwasserverbrauch und die Nutzung von elektrischen Geräten im Haushalt.

Die Fragen zum persönlichen Konsum sind besonders ausführlich gewählt und verwenden Angaben in SF pro Jahr. Dadurch dauert es sehr lange die Bilanz zu erstellen, da man sich erst seine jährlichen Ausgaben bewusst machen muss.

Das Ergebnis wird nur graphisch am Rand des Bildschirms anhand eines Säulendiagramms sichtbar. Dafür kann sich der Nutzer mit dem Durchschnitt verschiedener Länder weltweit vergleichen.

SEIN

Der Rechner befindet sich auf den Seiten des SEIN-Magazins, ein Lebenskunstmagazin aus und für Berlin, das sich mit dem Thema ganzheitliches Leben und spirituelle Weiterentwicklung beschäftigt. In die Berechnung fließen nur einzelne wenige Daten ein. Es handelt sich um die Werte für Stromverbrauch, Gasverbrauch und gefahrene Kilometer pro Jahr.

Das Ergebnis enthält die Summe der Emissionen in kg CO₂ sowie die Anzahl Bäume, die über 20 Jahre wachsen müssen, damit der CO₂-Ausstoß kompensiert werden kann. Weiter gibt es keine Informationen und auch die Präsentation der Ergebnisse ist verbesserungswürdig.

Recherche CO₂-Bilanz des Bürgers – Wohnen

4 Bereich Wohnen / CO₂-Rechner

Im Folgenden wird das Bedürfnisfeld Wohnen verschiedener CO₂-Rechner aus dem deutschsprachigen Raum verglichen. Der Bereich Wohnen spielt bei den meisten CO₂-Rechnern eine Rolle, allerdings in unterschiedlicher Ausführlichkeit.

Die einfache Methode besteht darin, den Energieverbrauch des Haushalts abzufragen, in Form der gekauften Einheiten eines Wärmeträgers und des Stromverbrauchs in kWh/Jahr.

Die alternative Erfassungsmethode geht für den Heizenergieverbrauch vom energetischen Zustand des Gebäudes aus und schätzt den Stromverbrauch über die Anzahl und die Benutzung der Haushaltsgeräte ab.

Der LFU-Rechner bietet beide Möglichkeiten an, je nachdem ob die Rechnung zur Hand liegt. Die einfache Methode hat den Vorteil, Emissionen relativ leicht über Faktoren ermitteln zu können, während eine genaue Erfassung der energierelevanten Ausstattung des Haushalts die Möglichkeit bietet, Einsparpotentiale in den einzelnen Bereichen aufzuzeigen.

4.1 Rechnervergleich

Folgende Rechner berücksichtigen bei der Bilanzierung auch die Emissionen aus dem Bereich Wohnen:

Einfache Methode

- Avertec
- CO₂[O]L
- FH Bielefeld
- Prima Klima
- IWR
- SEIN
- LFU

Schätzmethode

- BP
- ECO2-privat
- Klimatest
- Klimabalance
- Proclim
- Ecocheck
- LFU
- Greenpeace

4.1.1 Faktoren

Die spezifischen Emissionsfaktoren der Rechner wurden, soweit möglich, aus Angaben der Rechenblätter direkt übernommen bzw. über die Einzelergebnisdarstellung zurückgerechnet.

Tab. 4: Emissionsfaktoren für den Heizenergieverbrauch

Energieträger	Einheit	FH Bielefeld	Prima Klima	Average	IWR	CO ₂ Handel	LFU	Aktion Klimaschutz
Gas	[kg/m ³]	1,87	2,0	2,37	2,0	0,202 kg/kWh	0,19 kg/kWh	2,36
Flüssiggas	[kg/L]					1,65		
Öl	[kg/L]	2,73	2,6	3,15	2,8	2,68	0,29 kg/kWh	2,9
Holz		0				0	0,05 kg/kWh	12,96 kg/Ster
Steinkohle	[kg/kg]	0,337 kg/kWh	2,7			2,7		2,99
Braunkohle	[kg/kg]	0,354 kg/kWh	2,15			2,15		2,32
Fernwärme konventionell	[kg/kWh]	0,1	0,22	0,23		0,22	max. 0,11 kg/kWh	0,351
Fernwärme Biomasse	[kg/kWh]				0			
Solar		keine Emissionen						
Strom (deutscher Mix)	[kg/kWh]	0,67	0,60	0,64	0,59	0,62	0,62	

Tab. 5: Emissionsfaktoren Strom

		avantTime 2007	LFU
Deutscher Strommix	[kg/kWh]	0,62	0,62 (nur Bayern 0,43)
Ökostrom mit KWK Anteil	[kg/kWh]	0,35	0,18
Ökostrom ohne KWK Anteil	[kg/kWh]	0,13	

Besonderheiten für den Bezug von Ökostrom werden in Kapitel 4.2.2 behandelt.

4.1.2 Abschätzung des Energieverbrauchs im Haushalt

Über den energetischen Zustand des Gebäudes, Haustechnik, Ausstattung mit Geräten und in einigen Fällen auch das Nutzerverhalten, schätzen Rechner den Wärme- und Stromverbrauch ab. Spezifische CO₂-Faktoren pro Einheit des gewählten Wärmeträgers und des aktuellen Strommixes bestimmen schließlich die CO₂-Emissionen.

Diese Methode hat den Vorteil, dass der Verbraucher eine transparente Übersicht seines potentiellen Energieverbrauchs erhält und damit Bereiche mit dem größten Einsparpotential selbst erkennt. Die Untersuchung der Rechner erfolgt in diesem Kapitel von groben zu sehr genauen Abfragemechanismen.

4.1.2.1 Greenpeace

Eine einfache Matrix dient dem Nutzer als Hilfe für die Bestimmung seiner Gesamtemissionen. Diese richten sich nach der Anzahl der Personen im Haushalt und der Wohnfläche. Der Wert aus der Matrix enthält Emissionen für Strom und Wärmeerzeugung im Haushalt. Daneben werden Emissionen für die allgemeine Lebenshaltung, die Herstellung von Produkten und die allgemeine Infrastruktur des Landes berücksichtigt.

In den folgenden Schritten passt der Nutzer diesen Wert an seinen persönlichen Lebensstil an (z.B. begeisterter Bahnfahrer, VegetarierIn, Ökostrom-Kunde).

Abb. 8: Gesamtemissionen pro Person

1. GRUNDEMISSIONEN		In Tonnen CO ₂ /Jahr				
Personen im Haushalt		1	2	3	4	5
Wohnfläche						
bis 20m ²		6,1	5,9	5,7	5,6	5,5
20 - 40m ²		6,9	6,1	5,9	5,8	5,7
40 - 60m ²		7,9	6,6	6,2	6,0	5,9
60 - 90m ²		9,1	7,2	6,6	6,3	6,1
90 - 120m ²		10,6	8,0	7,1	6,7	6,4
120 - 160m ²		12,4	8,9	7,7	7,1	6,8
über 160m ²		14,9	10,1	8,5	7,7	7,3

Quelle: Greenpeace Magazin 2004

4.1.2.2 BP

BP rechnet den Verbrauch für den gesamten Haushalt. Emissionswerte basieren auf nationalen Durchschnittswerten für Wohngebäude im städtischen Raum und einem mittleren Haushaltseinkommen. Der Emissionsausstoß wird durch die Haushaltsgröße, Haustyp (kleine/große Wohnung, freistehendes Haus) und Heizsystem bestimmt. Der

Hausmüll bleibt für alle Benutzer konstant bei etwa 0,25 t CO₂/Person und wurde für die folgenden Beispiele vom Ergebnis abgezogen.

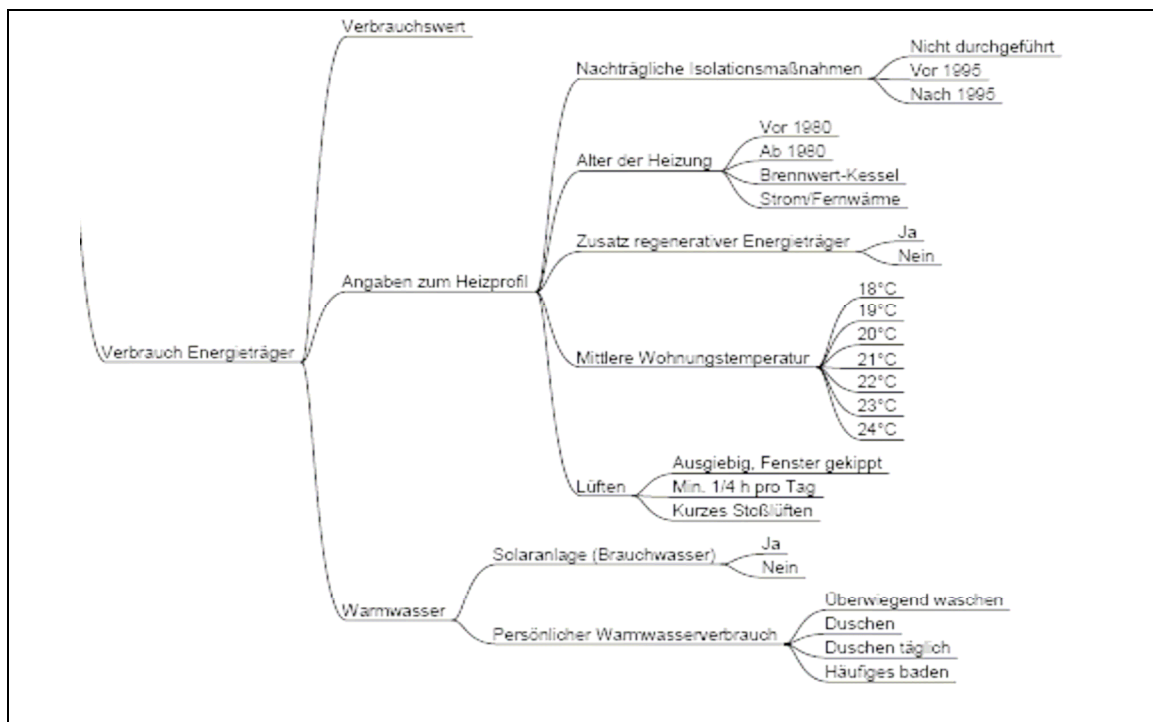
Ein 4-Personen Haushalt emittiert für Strom und Wärme laut BP Rechner zwischen 1 t (mit Pelletheizung) und 14 t (mit Elektroheizung). Öl liegt bei 11 t, Erdgas bei 8 t und dazwischen liegt Fernwärme mit 10 t. Der Einsatz neuer Technologien wie Brennwertkessel oder eine Brauchwassersolaranlage reduzieren das Gesamtergebnis. Das gleiche gilt für vorteilhaftes Nutzerverhalten und eine Verbesserung des energetischen Zustands des Gebäudes sowie der Qualität der Ausstattung.

Einzig mögliche Verbesserungsmaßnahme an der Gebäudehülle ist eine Isolierung von Fenstern und Außentüren. Damit wird bereits deutlich, dass es sich bei dem BP-Rechner nur um sehr grobe Überschlagswerte handelt.

4.1.2.3 LFU

LFU bietet für Heizwärme- und Stromverbrauch sowohl die Möglichkeit den Verbrauch direkt anzugeben, als auch eine Abschätzung an. Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Rechnern, wird auch die Warmwasserbereitung explizit berücksichtigt. Haustyp, Baujahr und Wohnfläche geben die Basisdaten für den Heizverbrauch vor. Der Energieträger der Heizung sowie der verwendete Strom-Mix legen Emissionsfaktoren fest.

Abb. 9: Bestimmung des Heizwärmeverbrauchs im LFU-Rechner



Quelle: Eigene Darstellung

Ist der Energieverbrauch nicht bekannt, wird der Heizenergieverbrauch über das Gebäudealter, den Gebäudetyp und den Sanierungszustand errechnet. Außerdem kann

der Nutzer den Einfluss seines Verhaltens über die mittlere Wohnungstemperatur und die Art zu Lüften einbringen. Der Stromverbrauch wird über die Anzahl der Elektrogeräte im Haushalt ermittelt. Die Abfragedaten sind überschaubar und relativ leicht zu beantworten, wenn man das Gebäude gut kennt.

Der durchschnittliche Heizenergieverbrauch in kWh/m²a für Gebäude ist folgendermaßen vorprogrammiert:

Tab. 6: Heizenergieverbrauch in kWh/m²a nach Gebäudetyp und Gebäudealter

	bis 1980	1980 – 1994	1995 - 2000	ab 2001	ideal
Mehrfamilienhaus	200	120	95	70	90
Reihenhaus	250	150	100	80	95
Einfamilienhaus	280	170	110	90	110

Quelle: LFU

Diese Zahl wird mit der angegebenen Wohnfläche multipliziert um den gesamten Heizenergieverbrauch des Gebäudes zu bestimmen. Je nach energetischem Zustand des Hauses, Heiztechnik und Nutzerverhalten wird dieser Energieverbrauch über Multiplikation mit Faktoren überschlagen. Zum Schluss kann der Emissionsausstoß über den entsprechenden Emissionsfaktor des Energieträgers (Gas, Öl, Fernwärme, Strom oder Holz).

Die Idealwerte für die Gebäudetypen finden schließlich in der Auswertung Anwendung. Nutzer deren Energieverbrauch pro Person zu mehr als 0,2 t CO₂ Abweichung zum Idealwert führen, erhalten gesondert Tipps zur Verbesserung.

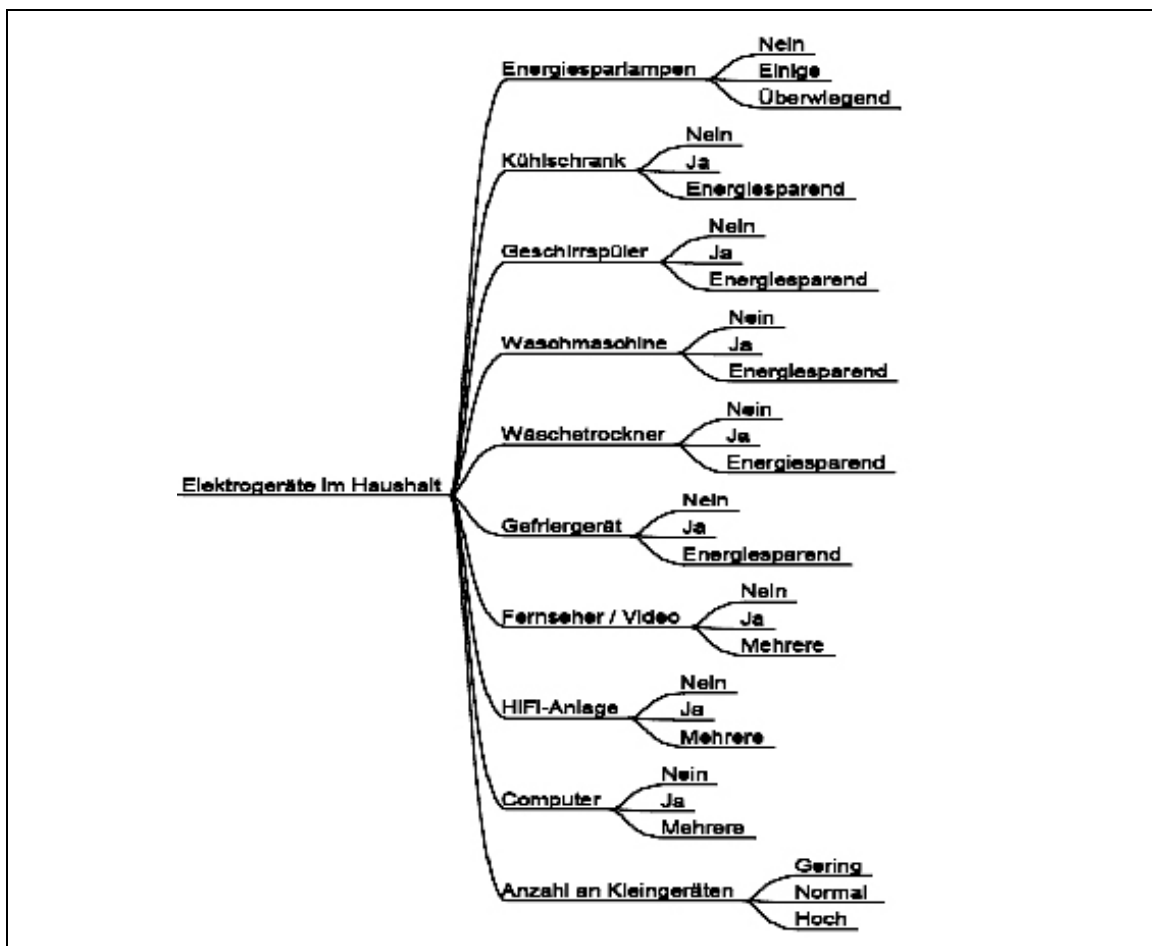
Die Faktoren für die Angaben zum Heizprofil und Warmwasser bewegen sich in einer Spanne von:

- Nachträgliche Isolationsmaßnahmen: 0,5 - 1
- Alter der Heizung: 0,93 – 1.2
- Zusatz regenerativer Energieträger: 0,8 - 1
- Mittlere Wohnungstemperatur: 0,8 – 1,3
- Lüften: 1 – 1,2
- Solaranlage (Brauchwasser): 0,95 - 1
- Persönlicher Warmwasserverbrauch: 0,8 – 1,05

Ein Einfamilienhaus verbraucht laut diesen Vorgaben im besten Fall 41 kWh/m² (Neubau, neue Heizung mit Solarunterstützung, Wohnungstemperatur 18°C, Stoßlüftung, und sparsamen Warmwasserverbrauch) und im schlechtesten Fall 423 kWh/m² (Altbau unsaniert mit altem Heizungssystem, mittlere Wohnungstemperatur von 22°C, ausgiebiges Lüften und häufiges Baden der Bewohner).

Falls der Nutzer seinen Stromverbrauch nicht kennt, hat er die Möglichkeit diesen mit Hilfe des Rechners ungefähr zu ermitteln. Der Stromverbrauch errechnet sich aus der Tabelle in Anhang A 1.

Abb. 10: Bestimmung des Stromverbrauchs im LFU-Rechner



Quelle: Eigene Darstellung

Ausgehend von Durchschnittswerten in Abhängigkeit der Haushaltsgröße, werden Geräteausrüstung und deren Energieeffizienz abgefragt um den gesamten Stromverbrauch des Haushalts abzuschätzen. Jeder Antwortmöglichkeit in der Mindmap entspricht damit ein Stromverbrauchswert.

4.1.2.4 Proclim

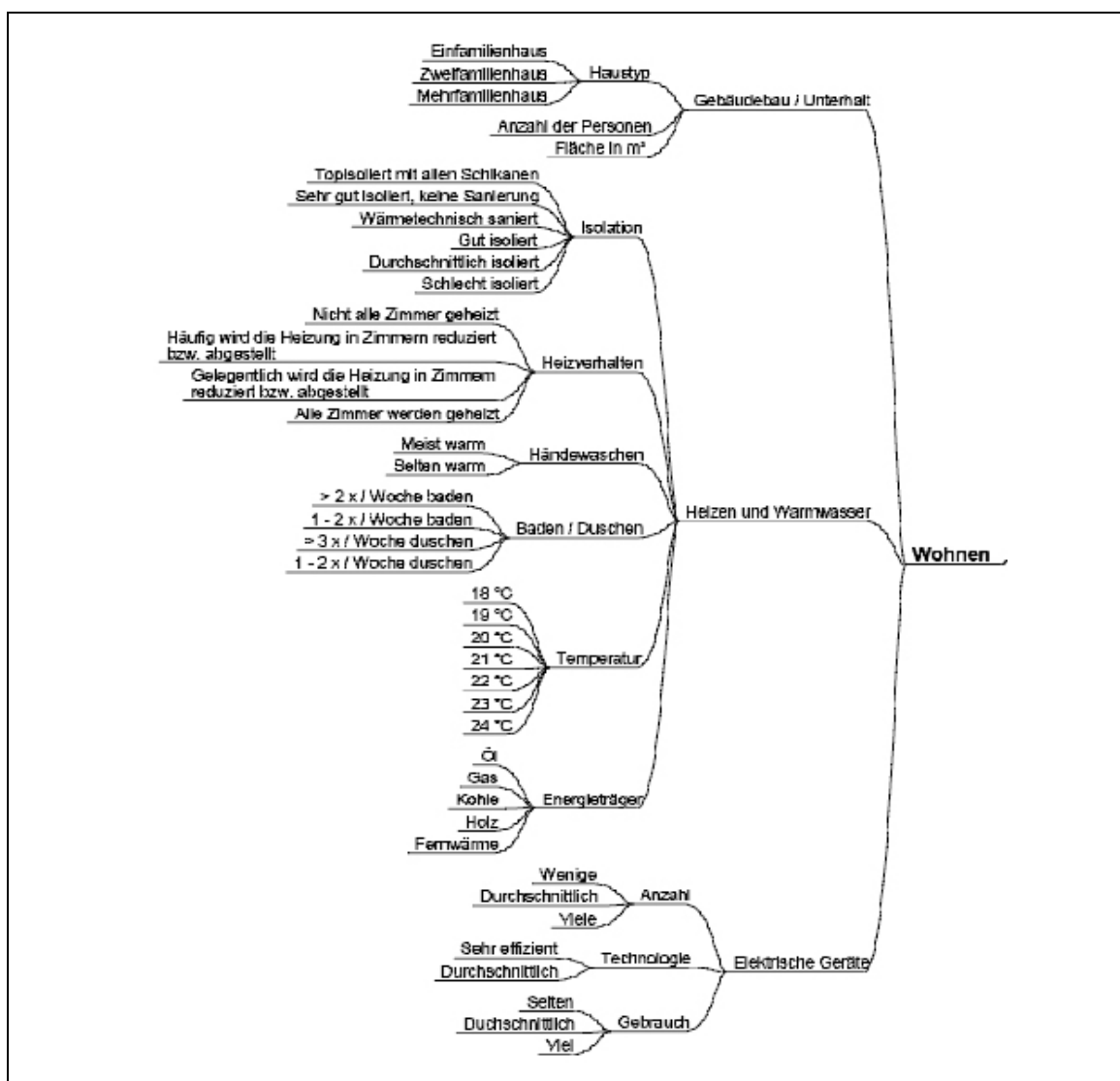
Dieser Rechner unterscheidet den Bereich Wohnen in Heiz-, Warmwasserverbrauch und Elektrogeräte. Nach einer Abfrage zum energetischen Zustand der Gebäudehülle, steht vor allem das Nutzerverhalten im Vordergrund. Teilbeheizte Räume können in der Bilanz mit geringeren Energieverbräuchen berücksichtigt werden, die Raumtemperatur hat ebenfalls Einfluss auf das Gesamtergebnis und die Menge des Warmwasser-

verbrauch richtet sich nach der Verwendung für Händewaschen und Baden, bzw. Duschen.

Die Elektrogeräte im Haushalt werden nicht einzeln aufgeführt, sondern der Nutzer schätzt seine Ausstattung im Ganzen ein. Er wählt seinen Verbrauch über die Menge, energetische Standards und Konsummuster qualitativ im Vergleich zum Durchschnitt aus.

Die genaue Berechnungsmethode liegt nicht vor. Die nachfolgende Mindmap zeigt die verschiedenen Wahlmöglichkeiten des Nutzers.

Abb. 11: Bereich Wohnen im Proclim-Rechner



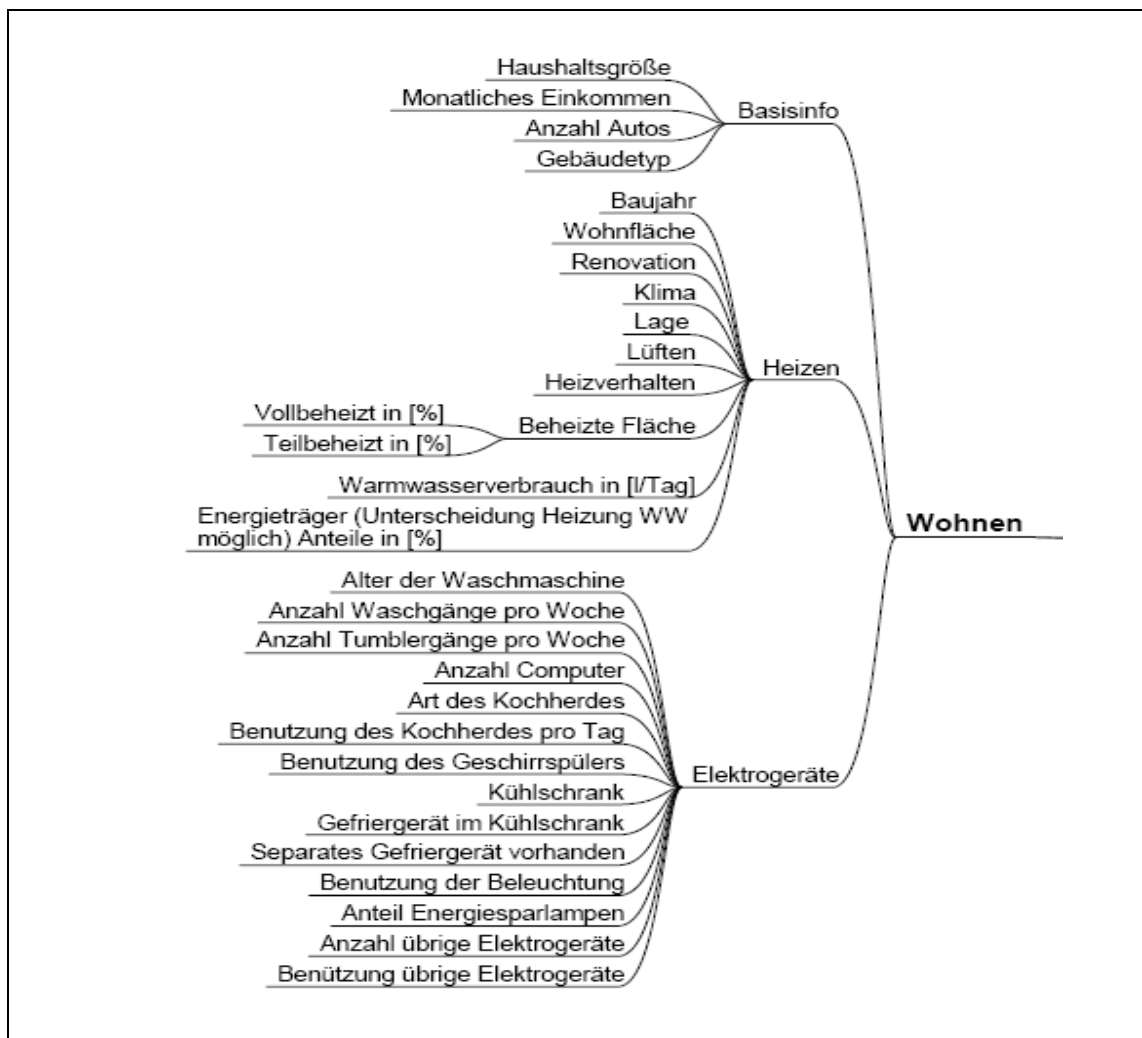
Quelle: Eigene Darstellung

4.1.2.5 ECO2-privat

Wie in allen Bereichen fordert dieser Rechner sehr viele Angaben zum Bereich Wohnen. Für den Heizverbrauch kommt neben den üblichen Fragen nach Baujahr, Wohnfläche, Sanierungszustand und Lüften auch der Einfluss von Klima und Lage (Besonnung) ins Spiel. Der Hausbewohner kann außerdem zwischen vollbeheizter und teilbeheizter Fläche unterscheiden, also z.B. teilbeheizte Kellerräume in der Rechnung angeben. Diese z.T. sehr genaue Unterscheidung erfordert vom Nutzer erweiterende Kenntnisse über sein Gebäude und das Verhalten der Bewohner.

Für Elektrogeräte spielt Alter und Nutzverhalten, z.B. die Anzahl der Benutzung pro Tag, eine Rolle. Die Abb. 12 zeigt eine Übersicht des Bereichs Wohnen. Aus Platzgründen fehlt die letzte Ebene, in der sich der Nutzer für eine Angabe entscheidet.

Abb. 12: Bereich Wohnen im ECO2-privat



Quelle: Eigene Darstellung

Grundsätzlich baut der Rechner auf den Fragekatalog der Aktion Klima des Schweizer Verkehrsklub in Zusammenarbeit mit Greenpeace Schweiz auf /Aktion Klima 1992/.

Auch hier hat der Nutzer die Möglichkeit, den Stromverbrauch mit Hilfe von durchschnittlichen Werten zu bestimmen. Die Angaben beziehen sich auf das Nutzerverhalten für den Bereich Kochen/Backen sowie Waschen/Trocknen, als auch auf die Energieeffizienz der Geräteausstattung für die Bereiche Waschen und die restlichen Haushaltsgeräte.

In diesem Rechner taucht auch die Zentralheizungspumpe in der Bilanz auf, die ein großer Stromverbraucher sein kann. Mit hocheffizienten Heizungspumpen ist deutschlandweit ein Einsparpotential von bis zu 80% möglich /Stadt Heidelberg 2006/. Zu jeder möglichen Angabe gehört ein spezifischer Stromverbrauchswert.

Tab. 7: Schätzung des Stromverbrauchs nach dem Fragebogen der Aktion Klima

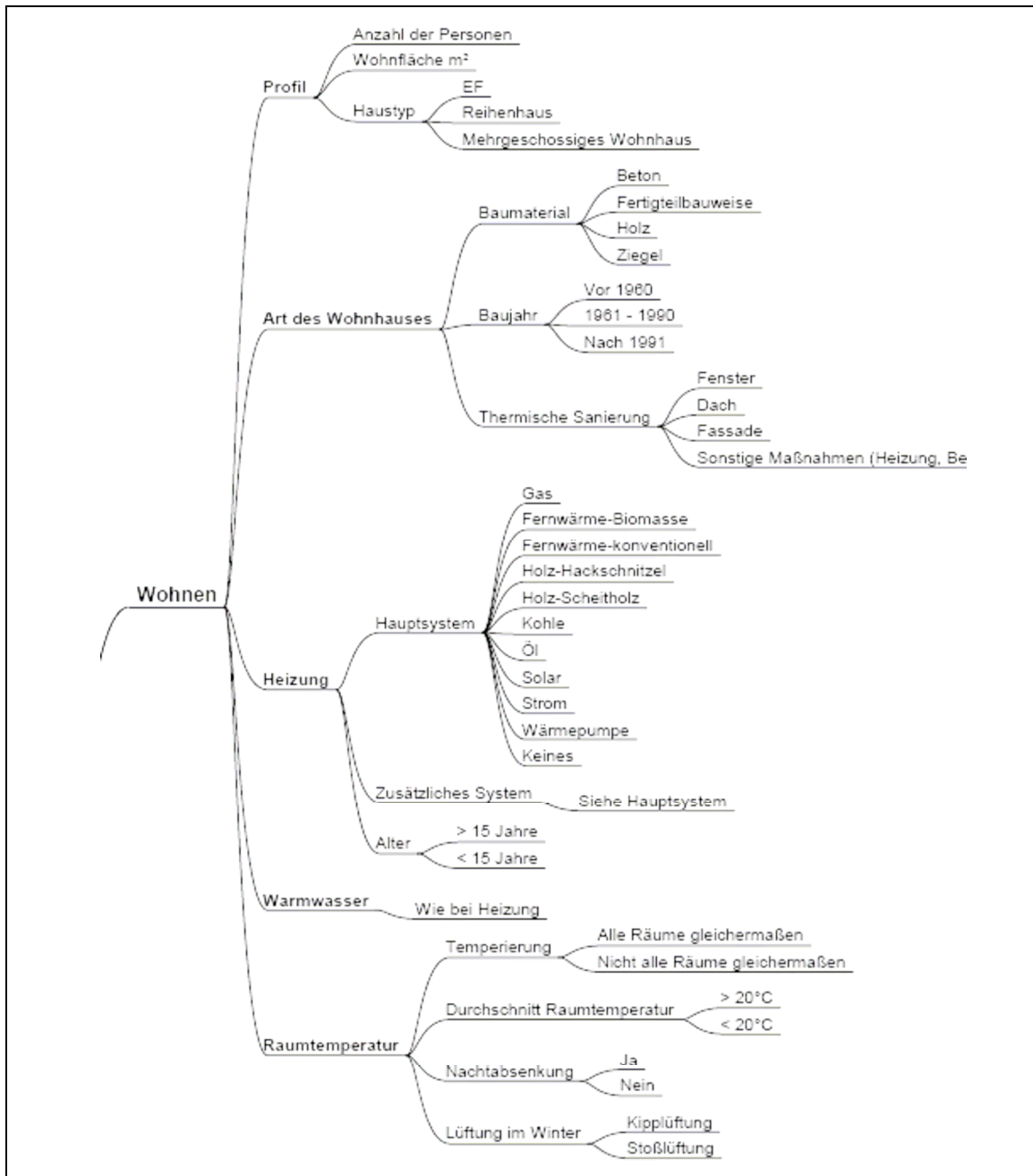
Elektrische Raumheizung	in Abhängigkeit der Wohnfläche			
Wir benützen den Elektroherd/Backofen/Mikrowelle	oft (mehrmals täglich und lange)	mäßig (min. 1 x pro Tag)	selten (nicht jeden Tag)	
Gangbeleuchtung	Je nach Brenndauer und Anzahl der Lampen			
Waschen	4 x Monat	neue, sparsame Maschine, niedrige Temperaturen, ohne Vorwäsche	alte Maschine, hoher Verbrauch, hohe Temperaturen, mit Vorwaschen	
	8 x Monat			
	12 x Monat			
	16 x Monat			
Trockner	1,5 mal den Stromverbrauch für Waschen			
Zentralheizungspumpe	Mehrfamilienhaus > 3 Wohnungen	Mehrfamilienhaus < 3 Wohnungen		
Haushaltsgeräte				
Kühlschrank	rund 10 Jahre alt, normaler Gebrauch	CH-Durchschnitt	Neue Geräte und/oder sparsamer Einsatz	
Tiefkühler				
Geschirrspüler				
Luftbefeuchter				
Elektroofen				
Beleuchtung				
Kleingeräte				
Elektrische Warmwasserbereitung	2x/Woche baden, Hände warm waschen	1-2x/Woche baden oder sehr oft duschen	selten baden, oft duschen, Hände warm waschen	sehr sparsames Verhalten, Hände waschen kalt

Quelle: Aktion Klima 1992

4.1.2.6 Umweltbildung Österreich

Die Einteilung im Bereich Wohnen für die Wärmebereitstellung ist im Vergleich zum ECO2-privat Rechner weniger umfangreich. Heizung und Warmwasserbereitung lässt sich ebenfalls getrennt betrachten, und auch das Nutzerverhalten macht sich in der Gesamtbilanz bemerkbar. Neu hinzu kommt die Frage nach dem verwendeten Baumaterial und bei der Heizung die Möglichkeit eine eventuelle Nachtabenkung anzugeben.

Abb. 13: Bereich Wohnen / Heizung und Warmwasser Umweltbildung Österreich



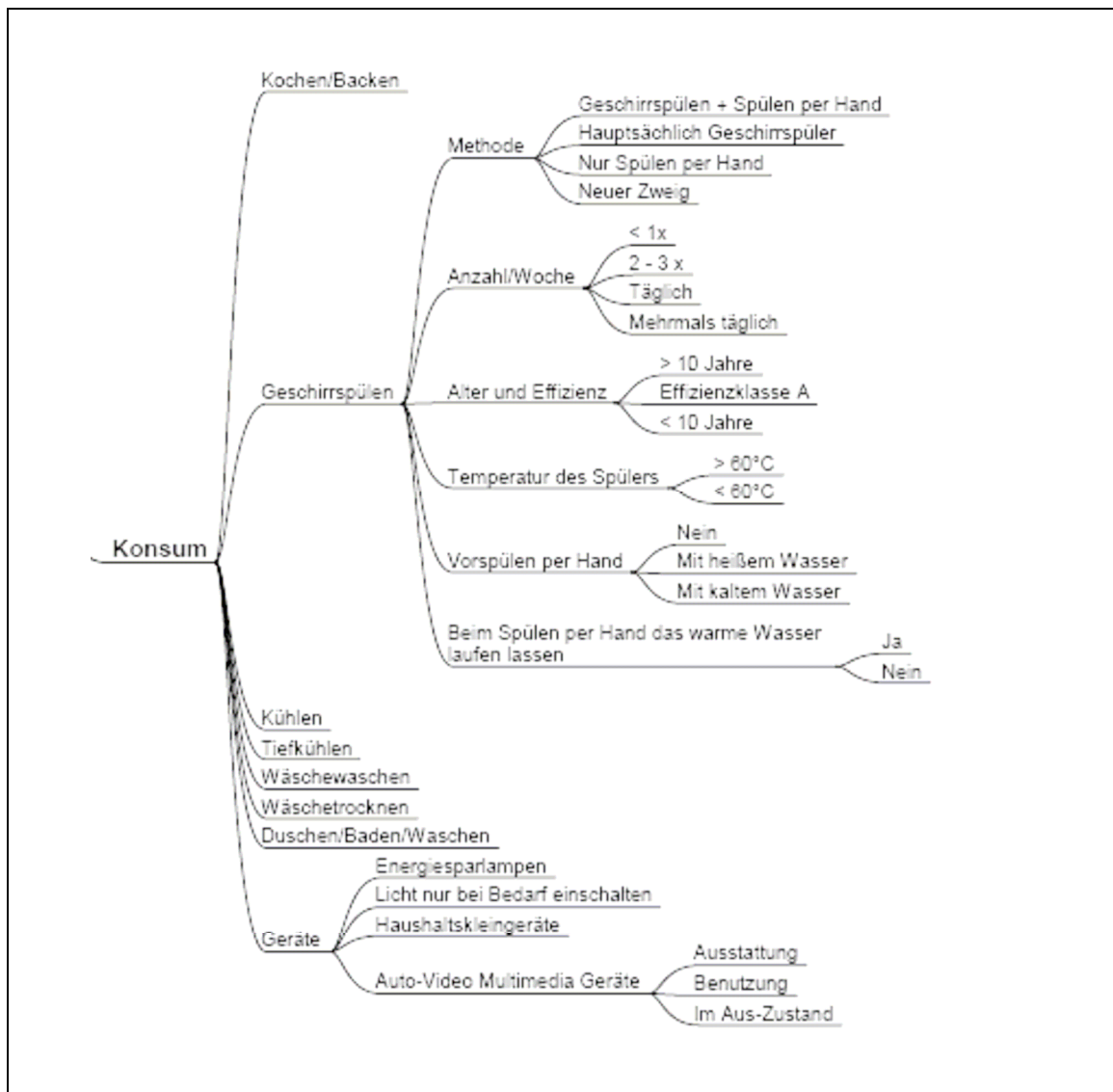
Quelle: Eigene Darstellung

Die Ausstattung mit Haushaltsgeräten läuft beim Umweltforum Österreich unter der Kategorie „Konsum“. Damit ist nicht der Güterkonsum gemeint, sondern es handelt sich dabei um die Abschätzung des Stromverbrauchs (siehe

Abb. 14). Die Fragen zur Ausstattung für Kühlen, Kochen und Waschen sind so detailliert, dass sie hier nur beispielhaft für den Bereich Geschirrspülen vollständig dargestellt sind.

Wichtige Kriterien bei der Berechnung bestimmen die Angaben zur Energieeffizienz sowie zur Häufigkeit und Intensität der Benutzung. Die ausführlichen Angaben fordern den Nutzer auf, seine Verhaltensmuster zu reflektieren und haben zur Folge, dass die Durchführung der CO₂-Bilanz sehr zeitintensiv wird.

Abb. 14: Bereich Wohnen / Haushaltsgeräte Umweltbildung Österreich



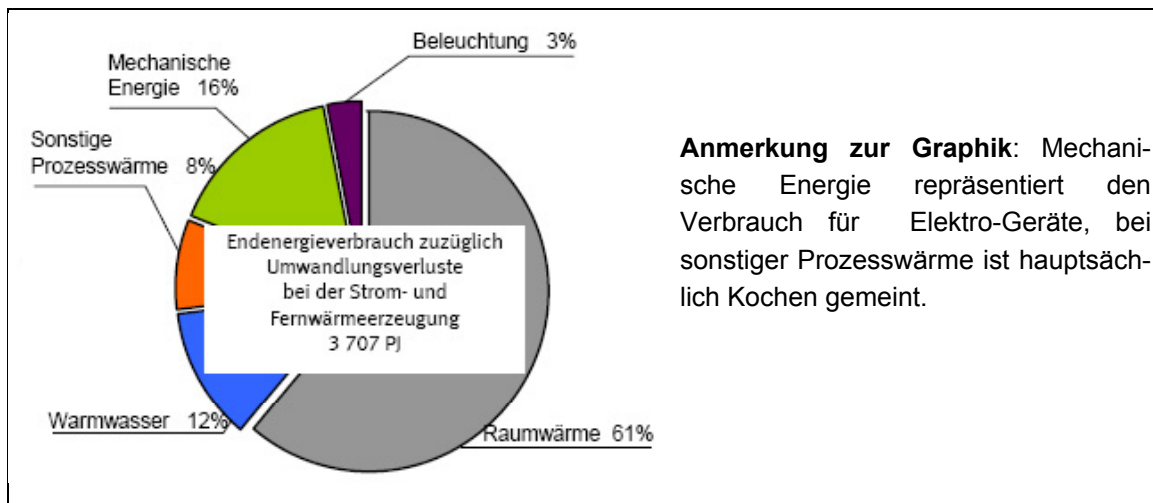
Quelle: Eigene Darstellung

4.2 Datenrecherche zum Energieverbrauch der Haushalte

Der Energieverbrauch der privaten Haushalte hat in den letzten 10 Jahren trotz steigender Energieeffizienz um 3,5% zugenommen. Gründe dafür sind vor allem die Zunahme der Wohnfläche, u.a. bedingt durch eine steigende Zahl an 1- und 2-Personen-Haushalte und die zunehmende Ausstattung mit elektronischen Geräten /StBA 2006b/.

Kleine Haushalte weisen im Durchschnitt einen höheren Energieverbrauch pro Person auf. Der direkte Energieverbrauch liegt bei Einpersonenhaushalten etwa 90 % höher gegenüber dem Pro-Kopf-Verbrauch von Haushalten mit drei und mehr Personen /StBA 2006c/. Der Verbrauch teilt sich laut Statistischem Bundesamt in der Gesamtbilanz zu folgenden Anteilen auf:

Abb. 15: Direkter Energieverbrauch der privaten Haushalte für Wohnen



Quelle: StBA 2006c

Als Input für zukünftige Rechentools werden im Folgenden Faktoren im Bereich Wohnen für die Verbrauchsfelder Heizen und Strom zusammengefasst. Des Weiteren werden die wichtigsten Einflussfaktoren für die Schätzung des individuellen Energieverbrauchs verglichen und quantifiziert.

4.2.1 Daten zum Heizenergieverbrauch

Der Heizenergieverbrauch stellt in der persönlichen Bilanz den größten Anteil mit näherungsweise einem Viertel der Emissionen. Deshalb wirken sich Maßnahmen in diesem Bereich besonders stark auf den CO₂-Fußabdruck aus. In diesem Kapitel wird dazu der aktuelle Mix der Energieträger in Deutschland betrachtet zusammen mit spezifischen Emissionsfaktoren.

Das statistische Bundesamt meldet für 2004 einen Endenergieverbrauch der Haushalte von rund 2400 PJ oder rund 670 TWh für die Gebäudeheizung und Warmwasser. Um den Energieverbrauch in Emissionen umzurechnen, benötigt man die Anteile der Ener-

gieträger. Das sind im Wesentlichen Erdgas (auch Flüssiggas), Heizöl, Braun- und Steinkohle, sowie Biomasse (Holz). Die folgende Hochrechnung der Gesamtemissionen erfolgt auf Basis von Daten der AG Energiebilanzen für 2005. Ergebnisse der AG Energiebilanzen dienen ebenfalls als Grundlage für den Nationalen Treibhausgas Report.

Tab. 8: Energieträgermix deutscher Haushalte für die Wärmeerzeugung

	TWh/a	Emissionsfaktor [kg CO ₂ -Äqu./kWh]	Emissionen (ges.) [t CO ₂ -Äqu.]	Quelle Emissionsfaktor
Strom (nur Wärme)	39	0,605	23595000	ifeu 2007b (für Bilanzjahr 2005)
Erdgas	294,1	0,24	68454720	nach Ecoinvent 1.2, DEHSt 2004
Flüssiggas	8,9	0,285	2535360	GEMIS 4.2, 2004
Heizöl (leicht)	183,2	0,302	55327004	nach Ecoinvent 1.2, DEHSt 2004
übrige Mineralölprodukte	0,8	0,304	253536	nach Ecoinvent 1.2, DEHSt 2004
Fernwärme	42,3	0,13	5499000	ifeu 2007b (für Bilanzjahr 2005)
Braunkohlebriketts	4,7	0,481	2273206	nach Ecoinvent 1.2, DEHSt 2004
Steinkohle	5,3	0,395	2086390	nach Ecoinvent 1.2, DEHSt 2004
Steinkohlenkoks	1,7	0,442	737256	nach Ecoinvent 1.2, DEHSt 2004
Steinkohlenbriketts	0,8	0,374	311916	nach Ecoinvent 1.2, DEHSt 2004
Holz & andere Erneuerbare	59,2	0,014	828996	nach Ecoinvent 1.2, DEHSt 2004 (Faktor Scheitholz)
Summe	1108		162.741.784	

Quelle: AG Energiebilanzen 2005, VDEW 2003

Die Menge Strom, die in Haushalten jährlich für die Wärmeerzeugung genutzt wird, stammt aus einer Statistik des VDEW für das Jahr 2003, die den Stromverbrauch der Haushalte nach Anwendungsarten differenziert betrachtet /VEDW 2003/. In etwa 39 TWh Strom werden jährlich für die Warmwassererzeugung in Bad und Küche als auch

für die Raumheizung über elektrische Öfen verwendet. Teilt man die Gesamtsumme der Emissionen durch die Anzahl der Einwohner, produziert jeder Bürger einen durchschnittlichen CO₂-Ausstoß von **1,97 t** im Jahr.

Mit Hilfe der Emissionsfaktoren aus Tab. 8 kann ein zukünftiger CO₂ Rechner den individuellen Beitrag errechnen, vorausgesetzt der Anwender kennt seine Verbrauchswerte.

Da viele Nutzer nicht mit den Einheiten vertraut sind, sollen Umrechnungsfaktoren der verkaufsüblichen Einheit in kWh bei der Eingabe helfen um richtige Antworten zu gewährleisten.

Tab. 9: Umrechnungsfaktoren der typischen Energieträger in kWh

Energieträger	Einheit	kWh
Erdgas	cbm	8,816
Heizöl	Liter	10,030
	kg	11,870
Braunkohle	kg	5,448
Flüssiggas	Liter	6,627
	kg	12,944
Steinkohle	kg	8,723
Stückholz	kg	4,117
	Ster	1.852,65
Holzhackschnitzel	kg	3,238
Holzpellets	kg	4,900

Quelle: forsa /RWI Hessen 2004

Ein Großteil des Gebäudebestands birgt ein erhebliches CO₂-Sparpotential in sich. Viele Investitionen zahlen sich schon mit heutigen Energiepreisen aus, die Prognosen gehen von steigenden Energiepreisen aus.

Mit Hilfe des bundesweiten Heizspiegels kann der Mieter oder Eigentümer eines Hauses seinen persönlichen Verbrauch bewerten. Für die Energieträger Heizöl, Gas und Fernwärme ist es möglich, seinen eigenen Verbrauch in Abhängigkeit der beheizten Wohnfläche nach den Kategorien optimal, durchschnittlich, erhöht und extrem hoch zu beurteilen.

Der deutsche Mieterbund entwickelte dazu entsprechende Vergleichswerte (siehe Anhang A 2). Im CO₂ Rechner bietet es sich an, einen derartigen Vergleich zu integrieren um dem Nutzer direkt Rückmeldung über seinen persönlichen Verbrauch zu geben.

In der Energiebilanz eines Gebäudes spielen einerseits technische und nicht-technische Faktoren eine Rolle. Für eine Schätzung des Energieverbrauchs müssen deshalb sowohl die äußeren Umstände (Energieeffizienz des Gebäudes an sich) als auch das Nutzerverhalten erfasst werden.

Die wichtigsten Faktoren bei der Bestimmung des Heizenergieverbrauchs im technischen Bereich sind:

- Größe der Wohnung bzw. des Hauses (nach Wohnfläche)
- wärmedämmtechnischer Zustand der Gebäudehülle
- Effizienz der Anlagentechnik
- Heizungstyp: zentral oder dezentral

Der Nutzer hat auch die Möglichkeit durch angepasstes Verhalten die Energie- und Emissionsbilanz zu seinen Gunsten zu verändern. Im Bereich des Nutzerverhaltens spielen folgende Faktoren eine Rolle:

- Raumtemperatur auf angemessenes Niveau, Nebenräume und Schlafräume niedriger halten, Nachtabenkung der Heizung
- Intelligent Lüften: Stoßlüftung
- Den Warmwasserverbrauch reduzieren: Duschen statt baden, Händewaschen nicht unbedingt mit heißem Wasser.

Als unveränderliche Randbedingungen treten Witterungsverhältnisse auf. Dazu zählen klimatische Bedingungen, welche die Zahl der Heizgradtage im Jahr bestimmen, sowie die Besonnung, die als passive Wärmequelle genutzt werden kann. Diese ortsabhängigen Faktoren können in der einfachen Schätzung nicht berücksichtigt werden.

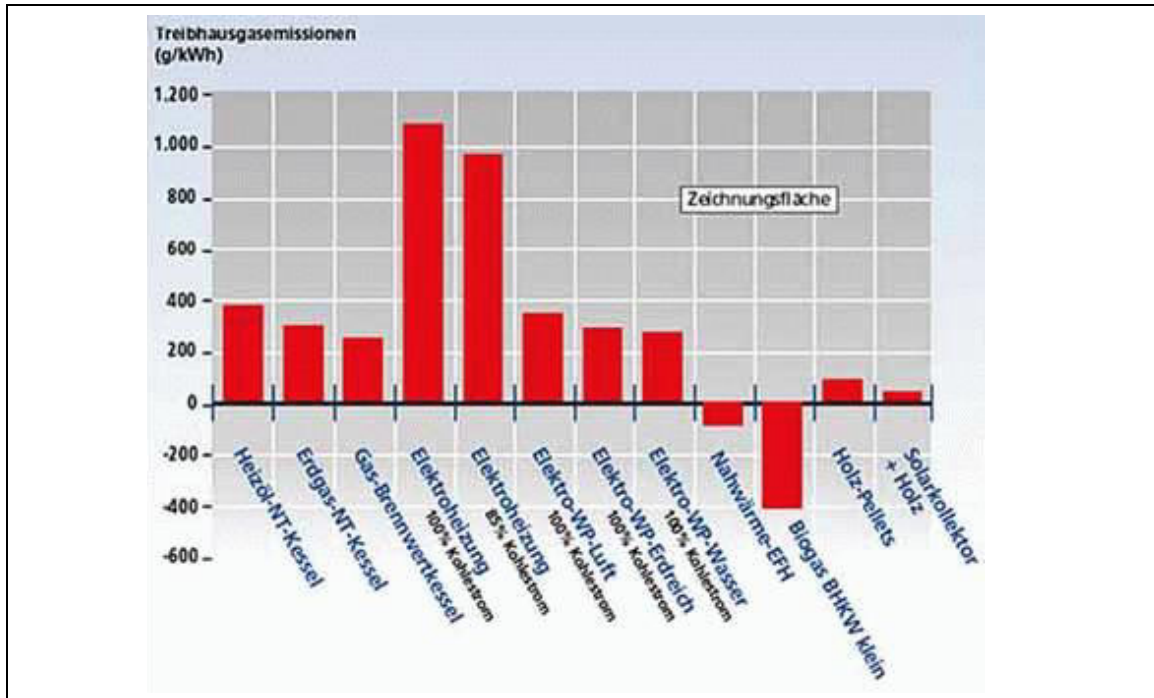
Das größte Einsparpotential liegt jedoch in Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle und einer Modernisierung der Heiztechnik. Welche Emissionseinsparungen bei der Modernisierung der Heiztechnik möglich sind, zeigt die Abb. 16.

Viele Maßnahmen lohnen sich bereits bei den heutigen Energiepreisen, doch private Investoren reagieren nur langsam. Der Gebäude-Energiepass, der nun definitiv ab 2008 Pflicht wird, erhöht als Informationsinstrument die Transparenz beim Vergleich des energetischen Zustands von Gebäuden und der Technik.

Im Kontext des CO₂-Rechners sollen die groben Faktoren ermittelt werden, die für den Energieverbrauch des Gebäudes eine Rolle spielen um damit das mögliche Einsparpotential zu überschlagen.

Der Eigentümer eines Gebäudes kann dann gezielt auf Modernisierungsmaßnahmen hingewiesen werden, die im Idealfall gleich mit Verlinkungen auf die entsprechenden Webseiten auftauchen. Anweisungen für Nicht-Eigentümer reduzieren sich auf Maßnahmen im Verbraucherverhalten.

Abb. 16: Treibhausgasemissionen verschiedener Heizsysteme



Quelle: Bund der Energieverbraucher

Eine gemeinsame Studie mehrerer wissenschaftlicher Institute analysierte den Haushaltsenergieverbrauch anhand repräsentativer Stichproben durch umfangreiche Umfragen in Haushalten aller Bundesländer /GfK et al. 2004/. In der Studie konnten u.a. auch der Zusammenhang zwischen Gebäudealter, Heizungssystem (bzw. Alter), Sanierungsstand und Energieverbrauch im Bezug auf die Gebäudekategorien Ein-/Zweifamilienhaus und Mehrfamilienhaus untersucht werden.

Die Umfrageergebnisse geben zusätzlich Aufschluss über den Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch nach den bewohnerspezifischen Gewohnheiten zur Raumlüftung, Wohnzimmeremperatur und Warmwasserverbrauch. Folgende durchschnittliche Verbrauchswerte wurden aus Ergebnissen der Studie gewonnen:

Tab. 10: Durchschnittlicher Energieverbrauch nach Gebäudealter und Gebäudetyp [kWh/m²/a]

Baujahr	< 1975	1975 – 1984	1984 – 1995	> 1996
Ein/Zweifamilienhaus	225	200	185	130
Mehrfamilienhaus	150	130	125	90

Quelle: GfK et al. 2004

Niedrigere Kennwerte bei Mehrfamilienhäusern sind auf die Ursache zurückzuführen, dass die Bauweise der Häuser i.d.R. kompakter ausfällt, also das A/V Verhältnis kleiner ist. Einfamilienhäuser stellen trotz höherer Energieverbräuche in Deutschland mit 80 Prozent die Mehrzahl der Wohngebäude dar /ifeu 2005/. Seit 1979 wurde der bau-

technische Standard für Neubauten ständig verbessert, dadurch sank der spezifische Heizenergiebedarf deutlich (siehe Tab. 10). Wichtige Schritte für die energetische Qualität von Gebäuden waren die 1. Wärmeschutzverordnung (WSVO) 1979, die 2. WSVO 1984, die Novellierung 1995 und seit 2002 gilt die Energieeinsparungs-Verordnung (EnEV). Das Baualter des Hauses bestimmt bei der Abschätzung des Heizenergiebedarfs den Grundwert, z.B. benötigt man für die Beheizung eines Niedrigenergiehauses (ab 2001) nur noch ein Drittel der Heizenergie, die für einen durchschnittlichen Altbau von vor 1980 benötigt wird.

Das Alter des Heizkessels stellt den zweiten Hauptfaktor bei der Bestimmung des Energiekennwerts dar. Das Einsparungspotential bewegt sich im Bereich der kleinen Gebäude um 10 Prozent je Altersklasse. In Mehrfamilienhäuser fällt der Effekt mit 5 Prozent kleiner aus. Auch die Tatsache ob das Gebäude zentral oder dezentral beheizt wird, wirkt sich auf die Energiebilanz mit 10 bis 20 Prozent zu Gunsten der dezentralen Systeme aus.

Das haushaltsspezifische Verhalten im Bereich Lüftung kann den Energieverbrauch um bis zu 7,4 Prozent drosseln und auch die Wohnzimmertemperatur verhält sich positiv zum Energieverbrauch. Ein Kelvin mehr ist gleichbedeutend mit einem durchschnittlichen Mehrverbrauch von 5,8 Prozent der Heizenergie. Interessanterweise spielte der Warmwasserverbrauch in dieser Studie keine signifikante Rolle.

4.2.2 Daten zum Stromverbrauch

Haushalte verbrauchten im Jahr 2005 rund 141,4 Mrd. kWh Strom, das entspricht pro Kopf 1.700 kWh (82,45 Mio. Einwohner) /VDEW 2006/. Ungefähr 39 Mrd. kWh Strom gehen dabei auf das Konto der Wärmeerzeugung /VDEW 2003/. Mit einem Emissionsfaktor von 0,605 kg¹ CO₂- Äquivalente pro kWh Strom entstehen pro Person im Durchschnitt 0,75 t im Jahr (abzgl. Heizenergie). Trotz effizienter werdender Geräte steigt der Verbrauch und damit auch der Emissionsausstoß, da Haushalte über immer mehr strombetriebene Anwendungen verfügen.

Eine Entkoppelung zwischen Konsum und Energienachfrage fand bisher nicht statt. Das Statistische Bundesamt verfolgte die Zunahme der elektronischen Geräte im Haushalt über die letzten zehn Jahre und fand bei Computern eine Steigerungsrate von 213 Prozent. Wäschetrockner, Spülmaschinen oder Mikrowellen haben sich jeweils ungefähr verdoppelt /StBA 2006/.

Absolut gesehen erhöht sich der Stromverbrauch mit der Anzahl der Personen im Haushalt, da mehr elektronische Anwendungen benutzt werden und die Auslastung wächst. Der Pro-Kopf Verbrauch liegt jedoch für kleine Haushalte höher, da bestimmte Geräte immer vorhanden sind, unabhängig von der Bewohnerzahl (z.B. Kühlschrank).

¹ Der Emissionsfaktor spiegelt den deutschen Strommix von 2005 wieder. Er wird jährlich vom IFEU ermittelt und enthält neben der Verbrennung, auch Emissionen aus der Vorkette. Vgl. auch /UBA 2007/.

Die nachfolgende Graphik zeigt den durchschnittlichen Verbrauch der Haushalte in Abhängigkeit der Haushaltsgröße.

Abb. 17: Stromverbrauch in deutschen Haushalten

Haushaltsgröße	1 Person	2 Personen	3 Personen	4 Personen	5 Personen	6 Personen
kWh/Jahr	2000	3100	3908	4503	5257	5764

Quelle: Energieagentur NRW 2006

Neben der Haushaltsgröße, hängt der Stromverbrauch wesentlich davon ab, ob Warmwasser zusätzlich mit Strom erzeugt wird oder in das Heizungssystem integriert ist. Ein Informationsblatt, das Heidelberger Bürgern bei der Einschätzung ihres Stromverbrauchs helfen soll, teilt die Haushalte in vier Klassen (phantastisch, gut, hoch, viel zu hoch), je nachdem ob die Warmwasserbereitung mit oder ohne Strom funktioniert. Stromkunden bekommen dadurch die Möglichkeit die Höhe ihres Stromverbrauchs einzuordnen. In dieser Weise könnten Nutzer eines CO₂-Rechners mit der Eingabe der Verbrauchsdaten gleichzeitig eine Bewertung ihres Stromverbrauchs erhalten. Für eine Übersicht der Bewertung siehe Anhang A 3.

Auch die Art des Hauses hat Einfluss auf den Stromverbrauch, wie die nachfolgende Tabelle zeigt. Im Einfamilienhaus wird wesentlich mehr Strom verbraucht als mit der gleichen Haushaltsgröße im Mehrfamiliengebäude.

Tab. 11: Typischer Stromverbrauch nach Gebäudetyp und Personenzahl

Anwendung	Mehrfamilienhaus				Einfamilienhaus	
	1 Pers. 60 m ²	2 Pers. 75 m ²	3 Pers. 90 m ²	4+ Pers. 120 m ²	1 – 2 Pers. 140 m ²	3+ Pers. 160 m ²
Übliche Stromanwendung, Waschen und Trocknen mit Strom, Kochen mit Strom	2250 1550	4000 2000	5550 2550	7300 3300	4900 2900	7750 3750
Übliche Stromanwendung, Waschen und Trocknen mit Strom	2300 1300	3650 1650	5100 2100	6700 2700	4500 2500	7150 3150
Übliche Stromanwendung, Kochen mit Strom	2350 1550	3700 2000	5100 2550	6700 3300	k.A.	k.A.
Übliche Stromanwendung	2100 1100	3350 1350	4650 1650	6050 2050	k.A.	k.A.
oberer Wert	Warmwasser mit Elektroboiler / Durchlauferhitzer					
unterer Wert	Warmwasser im Heizungssystem integriert					

Quelle: Energiesystem 2006

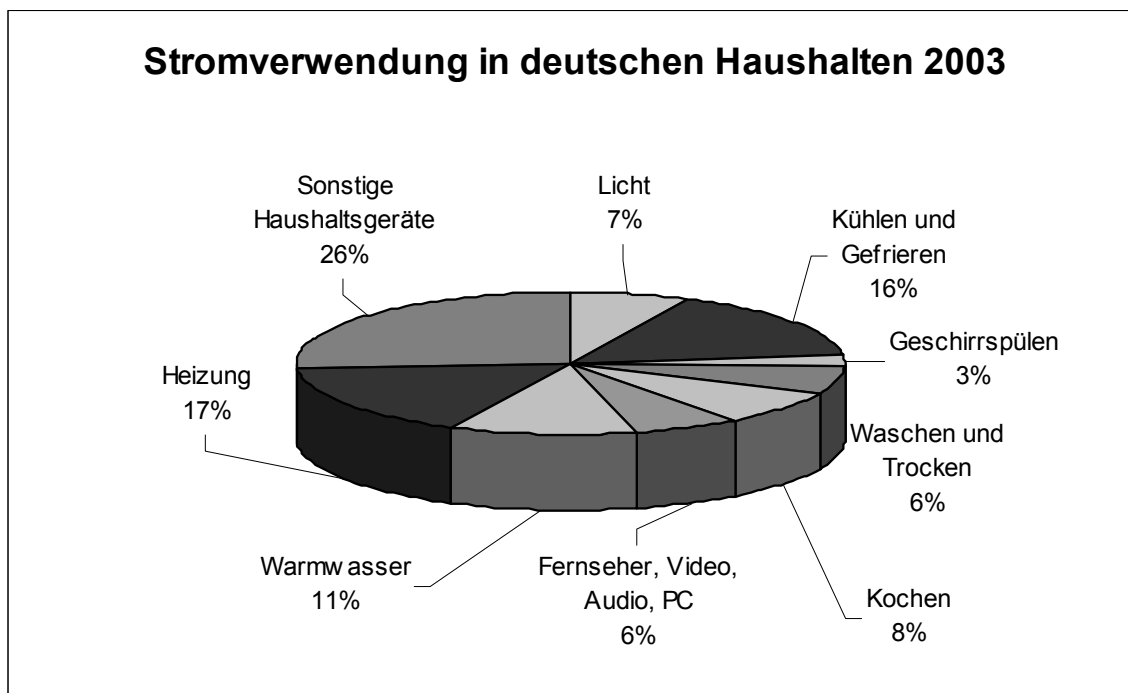
Stromverbrauch nach Erfassung der einzelnen Geräte

Durch eine Abfrage der vorhandenen Geräte lässt sich evtl. eine genauere Schätzung des Stromverbrauchs durch den Haushalt erzielen. Wie in Abb. 18 dargestellt, sind elektrische Warmwassererzeugung und Elektroheizungen für einen großen Teil des Strombedarfs verantwortlich (insgesamt 28%). Es folgen die Großgeräte für Kühlen und Gefrieren, Waschen und Trocken, sowie Spülen, die zusammen etwa ein Viertel der Verbrauchsbilanz ausmachen.

Eine ähnliche Übersicht bietet die nachstehende Tabelle, die den Anteil der Anwendungen in Abhängigkeit der Haushaltsgröße aufzeigt. Aus der Graphik wird ersichtlich, dass der Anteil des Energieverbrauchs für die Kühlung von Nahrungsmitteln in größeren Haushalten stark abfällt, während z.B. die Energie für den Trocknungsprozess stärker ins Gewicht fällt.

Bei Neuanschaffungen kann diese Information Auskunft geben, wo Effizienzgewinne sich in der Haushaltsbilanz am stärksten bemerkbar machen.

Abb. 18: Haushaltsstromverbrauch nach Anwendungsarten 2003



Quelle: VDEW 2003

Rang	Verbrauchs- bereich	Anteil Ø	Anteile in den verschiedenen Haushaltsgrößen (%)					
			1-Prs.	2-Prs.	3-Prs.	4-Prs.	5-Prs.	6-Prs.
1	Büro	12,18	14,61	11,80	11,68	11,45	11,98	11,54
2	Warmwasser	11,50	14,96	12,13	10,99	10,22	9,89	10,79
3	TV/Audio	11,14	13,61	11,41	11,20	10,46	10,05	10,10
4	Beleuchtung	11,05	10,07	12,13	11,72	11,44	11,13	9,82
5	Kühlen	10,34	17,83	12,07	9,85	8,38	7,06	6,87
6	Trocknen	10,07	3,30	7,08	10,22	12,05	13,85	13,93
7	Kochen	8,38	7,60	9,24	8,55	8,81	8,11	7,95
8	Umwälzpumpe	5,57	4,36	5,18	5,74	6,16	6,23	5,72
9	Gefrieren	5,42	3,83	5,95	5,75	5,76	5,57	5,67
10	Spülen	5,37	2,33	4,59	5,60	6,37	6,88	6,42
11	Waschen	5,10	3,70	4,35	5,10	5,51	5,95	5,97
12	Diverses	3,90	3,79	4,08	3,62	3,39	3,31	5,22
Anzahl Datensätze		28.242	3.720	10.562	5.717	6.001	1.744	498
Jahresstromverbrauch Ø (kWh)			2.000	3.100	3.908	4.503	5.257	5.764

Quelle: Energieagentur NRW 2006

Der Bund der Energieverbraucher entwickelte auf der Basis einer Energiedaten-Studie eine Formel, mit der sich der durchschnittliche Verbrauch eines Haushalts berechnen lässt. Das Ergebnis hängt von der Anzahl der Personen im Haushalt, der Wohnfläche und der Geräteausstattung ab. Ein Vergleich mit dem tatsächlichen Verbrauchswert ermöglicht es dem Nutzer seinen persönlichen Strombedarf mit dem Durchschnittshaushalt zu vergleichen.

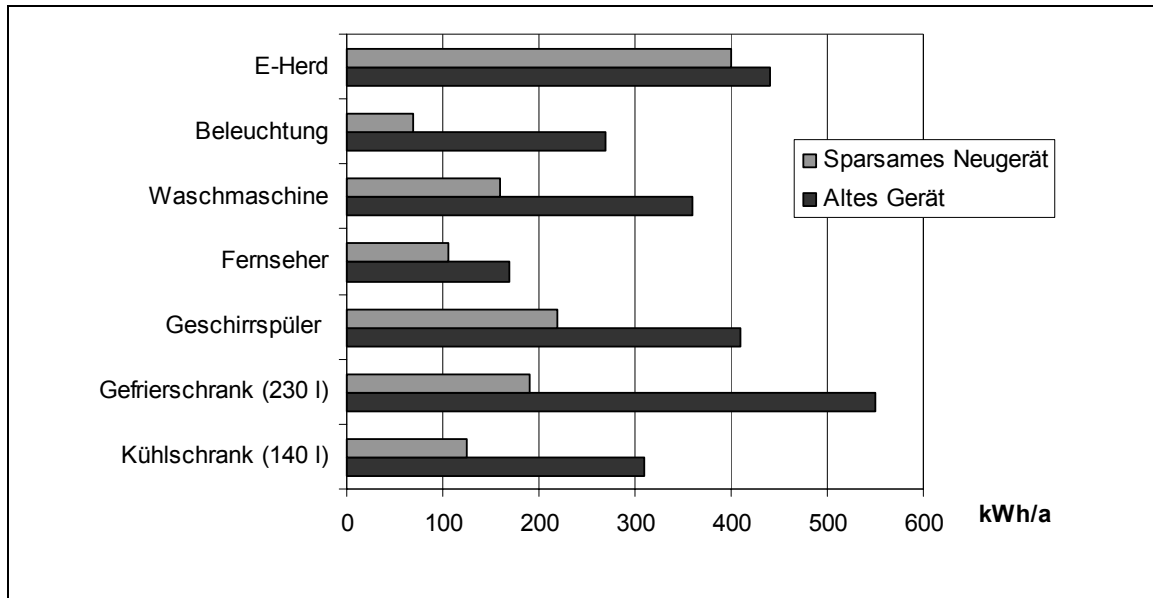
Abb. 19: Formel zur Ermittlung des erwarteten Stromverbrauchs

Die Formel startet mit einer Konstante von minus 1.542 kWh.		Eine Beispielrechnung für den westdeutschen Durchschnittshaushalt verdeutlicht das Prinzip	
Hinzu werden folgende Werte addiert:			
Quadratmeter Wohnfläche * 16 kWh		Konstante:	- 1.543
Zahl der Personen * 216		Wohnfläche:	
Wenn Nachtspeicherheizung, dann plus 9.781 kWh		109 qm * 16 kWh =	+ 1.744 kWh
Wenn neue Bundesländer, dann minus 253 kWh		3 Personen: 3 * 216 =	+ 648 kWh
Zahl der Fernseher * 121 kWh		Keine Nachtspeicherheizung:	+ 0
Zahl der Computer * 212		Alte Bundesländer:	+ 0
Zahl der Waschmaschinen * 686		Fernseher: 2 * 121 =	+ 242 kWh
Zahl der Wäschetrockner * 400		Computer: 2 * 212 =	+ 424 kWh
Zahl der Kühlschränke * 336 kWh		Waschmaschine: 1 * 686 =	+ 686 kWh
Zahl der Gefrierschränke * 414		Wäschetrockner: 1 * 400 =	+ 400 kWh
Zahl der Gefrierkombis * 180 kWh		Kühlschrank: 1 * 336 =	+ 336 kWh
Zahl der Geschirrspüler * 308		Elektro-Herd: 1 * 406 =	+ 406 kWh
Zahl der E-Herde * 406 kWh		Summe:	3.343 kWh
Zahl der Klimageräte * 1.109 kWh			
Zahl der Heizgeräte * 381			

Quelle: BdEV 2006b

Noch mehr Information über den tatsächlichen Stromverbrauch eines Haushalts verschafft eine Aufschlüsselung nach vorhandenen Geräten in Verbindung mit der Energieeffizienzklasse. Alte Geräte verbrauchen mehr als die doppelte Menge an Strom. Die dena erstellte dazu eine Datenbank für die Verbrauchskennwerte Weißer Ware. Einige Beispiele zeigt die Graphik.

Abb. 20: Energieverbrauch ausgewählter Haushaltsgeräte



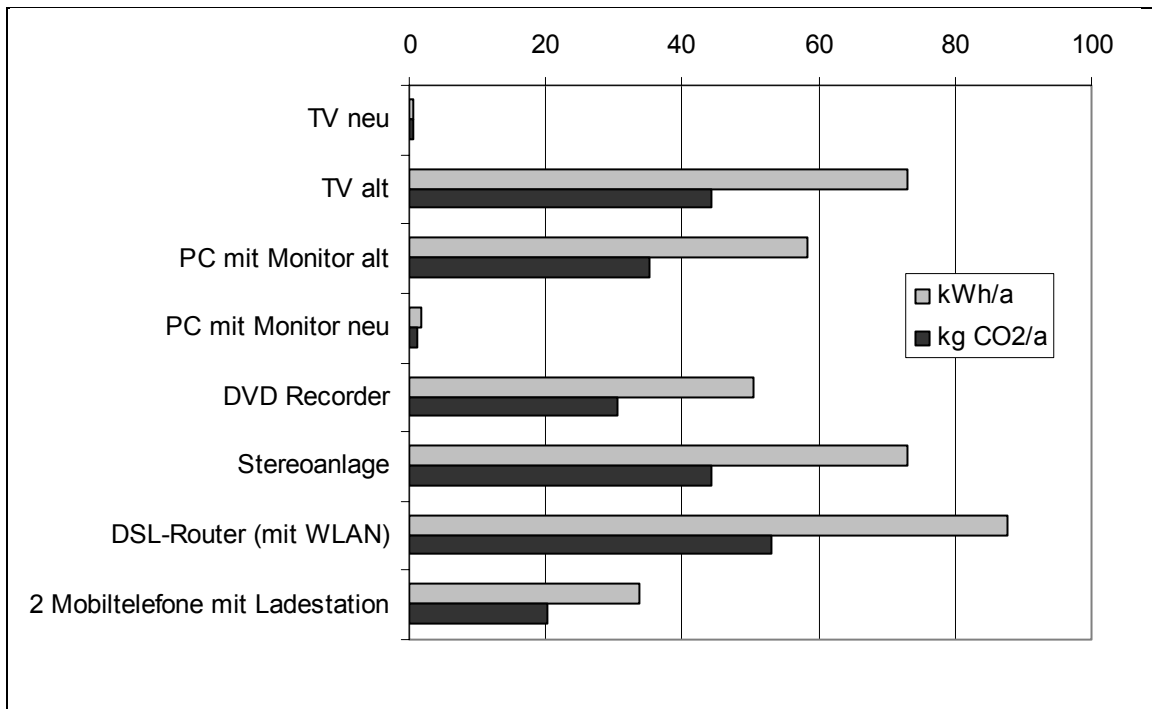
Quelle: dena 2007, EWS Schönau 2006

Ähnliche Angaben zu Haushaltsgeräten finden sich auch in anderen Quellen. Wichtig für die Praktikabilität im Rechner bleibt eine überschaubare Anzahl von Angaben für den Nutzer. Der genaue Ausstoß lässt sich sowieso nur nach der Stromrechnung ermitteln.

Im Strombereich ist es besonders wichtig, den Nutzer auf die enormen Verluste durch Leerlaufleistungen hinzuweisen. Pro Haushalt mögen die Verluste noch relativ klein ausfallen, auf die Nation gerechnet weist dieser Bereich ein gewaltiges Einsparpotential von 15 Mrd. Kilowattstunden auf. Das entspricht in etwa 10 Millionen Tonnen CO₂, die der Umwelt erspart blieben.

Hauptsächlich tragen Stand-by Verluste von Fernseh- und Videogeräten, Satellitenempfängern und Antennenverstärkern, sowie Audiogeräten mit etwa 60% bei /Energieagentur NRW o.J./ Der Betrieb von elektronischen Geräten mit Niederspannung erfordert sogenannte Transformatoren, die den Strom auf die gewünschte Spannung reduzieren.

Aus Kostenersparnis bauen viele Hersteller den Hauptschalter zwischen Transformator und Elektronik ein, was zur Folge hat, dass der Transformator am Netz bleibt und weiterhin Strom verbraucht. Um ein komplettes Ausschalten zu garantieren, hilft eine schaltbare Steckdosenleiste. Ein durchschnittlich ausgestatteter Haushalt kann dadurch jährlich ungefähr 75 Euro sparen.

Abb. 21: Leerlaufverluste ausgewählter Haushaltsgeräte und CO₂-Ausstoß

Quelle: ifeu 2006b, dena 2007

Außerdem bieten Energiesparlampen ein großes Einsparpotential, deren Angebot im Moment immer weiter ausgebaut wird. Sie brauchen nur 20 % der Energie einer herkömmlichen Glühbirne um dieselbe Helligkeit zu erreichen und halten ungefähr 10 Mal länger /Bayerisches Staatsministerium WIVT 2006/.

Als zusätzliche Stromverbraucher kommen in den letzten Jahren auch immer mehr Klimageräte zum Einsatz. Bei einer hohen Leistungsaufnahme von bis zu 1300 Watt schlägt der Verbrauch in der Strombilanz zu Buche. Stiftung Warentest hatte 2005 verschiedene Hersteller getestet und war zu enttäuschenden Ergebnissen gekommen („Kaum Kühlung, reichlich Lärm“) /Stiftung Warentest 2005/.

Umwälzpumpen versorgen den Haushalt mit warmem Wasser, sei es für den direkten Verbrauch im Haushalt oder zur Wärmeversorgung über die Heizkörper. Der Betrieb macht durchschnittlich 10 bis 15 % des gesamten Energieverbrauchs des Haushalts aus. Meist laufen die Pumpen im Dauerbetrieb und sind zudem in ihrer Leistung überdimensioniert. Auch das lässt sich ändern. Eine neue drehzahlgeregelte Pumpe verbraucht nur einen Bruchteil der Energie von herkömmlichen Pumpensystemen /Kriz 2006/.

Exkurs Ökostrom

Ökostrom ist nicht gleich Ökostrom. Anbieter verkaufen unter demselben Titel verschiedene Produkte. Zur besseren Orientierung bieten einige Verbände Labels an, die bestimmte Standards für Ökostromanbieter setzen. Nach einer Umfrage der Zeitung Energie & Management beziehen etwa 1,6 % der deutschen Haushalte Ökostrom /DUH 2006/.

Grüner Strom Label: Unter der Trägerschaft von BUND, Eurosolar, NABU und andere hat sich das Label auf dem Markt etabliert. Ungefähr 140 Versorger bieten ihren Strom mit diesem Label an, unterschieden in die Kategorien Gold und Silber. In Form von Zuschusszahlungen wird der Betrieb und der Bau von Anlagen gefördert, die erneuerbare Energien als Stromquelle oder Kraft-Wärme-Kopplung nutzen (bis 2 MW_{el}). Der Stromanbieter muss gewährleisten, dass nach Abzug der Pauschale für Verwaltungsaufwand und Mehrkosten der Stromerzeugung mindestens 1 ct/kWh in die Förderung fließt. Das Label mit der Auszeichnung *Gold* zeichnet Anbieter aus, deren Stromprodukt zu 100% aus Erneuerbaren Energien stammt und deren Förderbetrag zu 100% in Erneuerbare Energien fließt. Wer Strom von einem Anbieter mit der Auszeichnung *Silber* bezieht, erhält garantiert mindestens 50% des Stroms aus Erneuerbaren Energien und maximal 50% aus kleinen KWK-Anlagen. Für die Förderung gilt ebenfalls mindestens 50% in EE- und maximal 50% in KWK-Anlagen.

ok-power: ok-power ist ein Label, das von WWF, Öko-Institut und der Verbraucherzentrale NRW entwickelt wurde. Das Siegel enthält Kriterien für Ökostromprodukte nach dem Händler- sowie dem Fondsmodell. Das Händlermodell greift für Anbieter die eigens Strom aus Erneuerbaren Energien und KWK produzieren oder diesen direkt vom Erzeuger ankaufen und an die Kunden weiterverkaufen. Dabei müssen mindestens ein Drittel des Stroms aus neuen Anlagen (< 6 Jahre) und ein weiteres Drittel aus neueren Anlagen (< 12 Jahre) stammen, die nicht unter die Förderung des EEG fallen. Der KWK-Anteil darf maximal 50 % betragen. Im Fondsmodell garantiert der Anbieter die Lieferung von 100% Strom aus regenerativen Energien. Ein Teil der Einnahmen (min. 0,75 ct/kWh) werden außerdem nachweislich für den Bau von EE-Anlagen genutzt, bei denen Wirtschaftlichkeit trotz EEG-Vergütung nicht gegeben ist /EnergieVision 2005/.

EcoTopTen: Stromanbieter, die nach dem Grünen Strom Label oder ok-power zertifiziert sind erfüllen automatisch alle Kriterien nach EcoTopTen. Anforderungen an Hersteller sind hohe Qualität, angemessener Preis, ökologische Standards, Sozialverträglichkeit und Unterstützung eines umweltfreundlichen und kostensparenden Gebrauchs. Die Voraussetzungen für den Strommix und der Einsatz von Fördermitteln entspricht in etwa dem Grünen Strom Label Silber.

Für Stromprodukte, die diese Kriterien erfüllen, ist ein zusätzlicher ökologischer Nutzen mit Sicherheit gegeben. Zweifel über den Lieferanteil aus Strom mit Erneuerbaren Energien und KWK werden durch eine strenge Qualitätskontrolle ausgeräumt.

Die Höhe des ökologischen Nutzens ist allerdings u.a. abhängig von dem Zusatzlichkeitskriterium und in der Regel nur schwer abschätzbar. Hier gibt es zurzeit noch keine anerkannte Bilanzierungsvorschrift.

4.3 Zusammenfassung Heizenergie und Strom

Der durchschnittliche Energieverbrauch deutscher Haushalte für Heizenergie und Strom lässt sich aus offiziellen nationalen Statistiken ermitteln und über spezifische Emissionsfaktoren in CO₂-Äquivalente umformen. Die durchschnittlichen Emissionen pro Bürger liegen aktuell (Stand 2005) bei etwa **1,97 t** für Raumwärme und Warmwasser, der Stromverbrauch verursacht rund **0,75 t** CO₂-Äquivalente pro Jahr.

Wichtige Ergebnisse die ein Tool für den Verbraucher aus der Heizenergiebilanz herleiten kann sollen sein:

- Einsparpotentiale über verbesserte Gebäudeisolierung und Modernisierung der Heiztechnik erkennen (Zielgruppe Eigentümer)
- Möglichkeiten der Integration von Erneuerbaren Energien im Eigenheim (Zielgruppe Eigentümer)
- Verhaltensmuster erkennen und verändern über intelligentes Lüften, angepasste Raumtemperaturen und einen sparsamen Umgang mit warmen Wasser (Zielgruppe Mieter und Eigentümer)

Über den Vergleich des individuellen Heizenergieverbrauchs mit durchschnittlichen Werten kann der Nutzer direkt auf Möglichkeiten zur Emissionsreduzierung hingewiesen werden. Die Maßnahmen beziehen sich je nach Eigentümer- oder Mieterverhältnis auf eine Verbesserung der technischen Voraussetzungen oder/und energiebewusstes Verhalten.

Wichtige Ergebnisse für den Verbraucher aus der Strombilanz sollen sein:

- Einsparpotenziale bei Weißer Ware erkennen
- Standby-Verluste reduzieren
- Energiesparlampen lohnen sich
- Potenziale bei der Warmwasserbereitung erkennen

Anhand der Information über Alter der Haushaltsgeräte und Nutzerverhalten kann der Verbraucher auf besonders kritische Werte hingewiesen werden. Wer seinen Stromverbrauch direkt in kWh einträgt, erhält über den Vergleich mit Durchschnittswerten eine erste Kontrolle. Bei besonders hohen Verbräuchen ist eine Erfassung der einzelnen Geräte sinnvoll, um Gründe zu erkennen und effektive Sparmaßnahmen anzustoßen.

Nur wer zertifizierten Ökostrom bezieht, kann sicher gehen, dass ein Teil der Mehrkosten wirklich in den Ausbau der Erneuerbaren Energien und KWK fließt und unterstützt nachhaltig niedrigere CO₂-Faktoren im Strombereich. Dieser Hintergrund wird bei der Entwicklung des Tools berücksichtigt.

Recherche CO₂-Bilanz des Bürgers – MOBILITÄT

5 Bereich Mobilität / CO₂ Rechner

Alle betrachteten Rechner integrieren den Bereich Verkehr in ihre Bilanzierung. Allerdings variiert die Art der Berechnung stark. Die verschiedenen Berechnungsarten werden an Beispielen erläutert.

5.1 Rechnervergleich

5.1.1 LFU-Rechner

Für den gesamten Verkehrsbereich ermittelt LFU zuerst den Energieverbrauch in GJ und rechnet diesen mit geeigneten Faktoren in CO₂ Emissionen um. Die Kategorie motorisierter Individualverkehr unterscheidet Fahrzeuge in Autos, Motorräder und Kleinkrafträder. Die Fahrzeugtypen Kleinwagen, Mittelklasse oder Oberklasse sind in der Rechnung ebenfalls mit Faktoren belegt, die den Energieverbrauch widerspiegeln.

Der Rechner orientiert sich am Mittelklassewagen, reduziert den Verbrauch des Kleinwagens um den Faktor 0,9 und schlägt für die Oberklasse 30 Prozent auf (Faktor 1,3). Ursprünglich erhielt jedes Auto und jedes Motorrad anfänglich eine durchschnittliche Besetzung von 1,4 Personen (bzw. 1,1 Personen beim Motorrad), dieser Faktor fiel in der weiteren Entwicklung des Programms aber wieder weg. Die Tab. 12 zeigt Faktoren für den PKW (Mittelklasse) und das Motorrad.

Tab. 12: Motorisierter Individualverkehr

Verkehrsmittel	Treibstoffverbrauch pro 100 km	Faktor Treibstoff	CO ₂ -Emissionsfaktor [kg/km]
Auto (Mittelklasse) Für Kleinwagen und Oberklassewagen zusätzliche Faktoren ansetzen.	3 – 5 l	0,56	0,096
	5 – 7 l	0,75	0,129
	7 – 9 l	1	0,171
	9 – 11 l	1,25	0,214
	11 – 13 l	1,5	0,257
	mehr als 13 l	2,0	0,343
Motorrad Für Kleinkrafträder zusätzlich den Faktor 0,5 ansetzen.	< 3 l	0,25	0,054
	3 – 5 l	0,56	0,122
	5 – 7 l	0,75	0,164
	7 – 9 l	1	0,218

Quelle: LFU

Formel zur Berechnung der Emissionen (Faktoren vom 4.3.2003)

$$\text{CO}_2 \text{ Auto} = (3,0 \text{ MJ} * F_{\text{Auto}} * F_{\text{Treibstoff}}) * F_{\text{CO}_2} \quad \text{Einheit [kg/km]}$$

$$\text{CO}_2 \text{ Motorrad: } (3,0 \text{ MJ} * F_{\text{Treibstoff}}) * F_{\text{CO}_2} \quad \text{Einheit [kg/km]}$$

F_{Auto} : Kleinwagen (0,9), Mittelklasse (1,0), Oberklasse (1,15)

$F_{\text{Treibstoff}}$: siehe Tabelle

F_{CO_2} : 0,065 t CO₂/GJ Energieverbrauch

Rechenbeispiel:

10 000 km im Jahr mit dem Oberklassewagen, Treibstoffverbrauch 11-13 Liter

Online Rechner: 3,36 t

Eigene Berechnung: $0.003 \text{ [GJ]} \times 2 \times 0,065 \text{ [kg/(kJ km)]} \times 10000 \text{ [km]} = 4,485 \text{ t}$

Die ausgegebenen Werte in der aktuellen Online-Version stimmen nicht genau mit diesen Faktoren überein. Wahrscheinlich sind spätere Nachbesserungen im Programm dafür verantwortlich. Welche Faktoren verändert wurden, lässt sich im Moment nicht nachvollziehen.

Öffentlicher Personenverkehr (LFU):

Wie schon beim MIV wird zuerst der Energieverbrauch in MJ ermittelt und dieser über einen Faktor in CO₂-Emissionen umgerechnet. Da die Umrechnung linear erfolgt, ergeben sich folgende Faktoren:

Tab. 13: Emissionsfaktoren ÖPV (LFU)

	Fernverkehr DB	Nahverkehr DB	Stadtverkehr
CO ₂ -Faktor [kg/km]	0,087	0,145	0,116

Hier stimmen eigene Berechnung und Online-Ergebnisse überein.

Flugverkehr (LFU)

Der Nutzer gibt an, wie viele Flugreisen er pro Jahr durchführt, wie oft er dabei startet (somit werden auch Zwischenlandungen gezählt) und welche Distanz er zurücklegt. Pro Start wird ein bestimmter Emissionsausstoß addiert. Der Rechner unterscheidet für den weiteren Ausstoß pro Kilometer nicht zwischen innereuropäischen und Interkontinental-Flügen. Diese Aufteilung dient lediglich der Streckenfindung auf der interaktiven Karte. Als Ausgangspunkt dient der Energieverbrauch beim Start und während des Fluges, der dann durch einen Faktor in CO₂-Emissionen konvertiert wird.

Der Energieverbrauch wird nach den Faktoren (Stand 3.4.2003) folgendermaßen berechnet:

$$E_{\text{flug}} = 0,7 \text{ GJ} \times \text{Start}_{(\text{Anzahl})} + 0,0022 \text{ GJ} \times \text{Flug-km}$$

$$\text{Daraus ergibt sich der Emissionsausstoß: } \text{CO}_2 \text{ Flug} = E_{\text{Flug}} \times 0,065 \text{ kg/GJ}$$

Rechenbeispiel:

4 Starts, insgesamt 10 000 km Flugstrecke

Online-Rechner: 1,79 t

eigene Berechnung:

$$\text{CO}_2 \text{ Flug} = (0,7 \text{ GJ} \times 4 + 0,0022 \text{ GJ} \times \text{Flug-km}) \times 0,065 \text{ kg/GJ} = 1,62 \text{ t}$$

Die Werte, die sich durch dieses Verfahren berechnen, stimmen nicht genau mit den Ergebnissen des aktuellen Online-Rechners überein.

5.1.2 Averatec / IWR: Einfache Methode

Averatec und IWR ähneln sich in ihrer Abfrage der Verbrauchswerte. Sie teilen PKWs nach ihrer Größe ein, unterscheiden zwischen Bahnverkehr und ÖPNV, und berechnen Flüge nach drei Distanzklassen. Auf den ersten Blick fällt auf, dass die Faktoren für Flüge genau entgegengesetzt ansteigen.

Tab. 14: Vergleich der Emissionsfaktoren im Bereich Mobilität

[kg CO ₂ /km]	Klein-wagen	Mittel-klasse	Ober-klasse	ÖPNV	Bus	DB	Flug S	Flug M	Flug L
Averatec	0,14	0,18	0,23	0,08	-	0,05	0,18	0,39	0,33
IWR	0,1	x	0,232	0,06	0,063	0,1	0,29	0,22	0,15

Quelle: Averatec

5.1.3 FH Bielefeld

Bei diesem Rechner kommt es ausschließlich auf die Effizienz des Fahrzeugs an. Der Emissionsfaktor richtet sich nach dem Verbrauch des Autos in der üblichen Einheit l/100 km. Aus den veröffentlichten Datenblättern lässt sich ein Emissionsfaktor von 2,23 kg/l ermitteln.

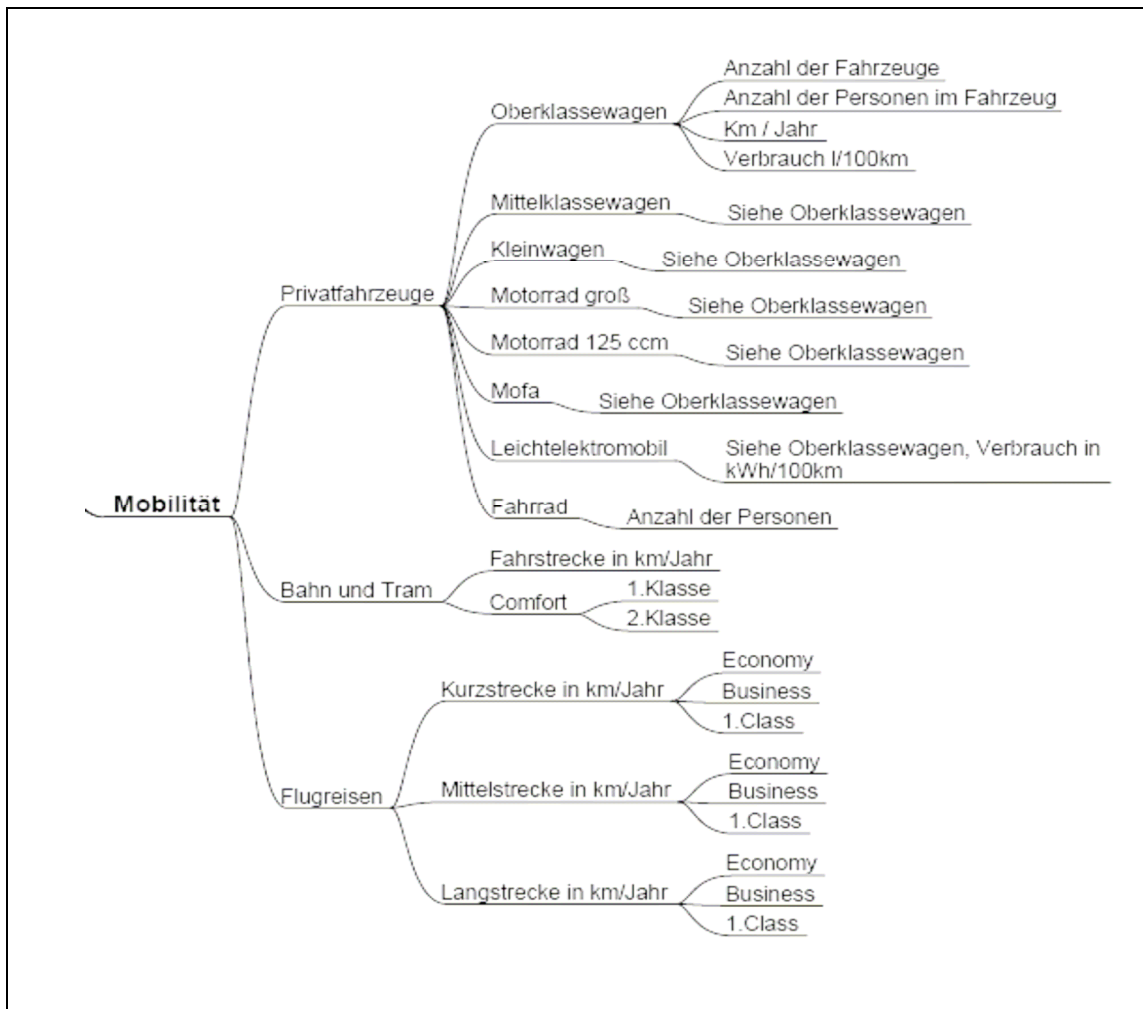
Im Bereich der öffentlichen Verkehrsmittel steht der Bus mit 0,08 kg CO₂/km und die Bahn mit 0,06 kg CO₂/km zur Auswahl.

Der Flugverkehr entspricht in seinen Faktoren dem IWR-Rechner, mit dem höchsten Emissionsausstoß für den Kurzstreckenflug.

5.1.4 Proclim

Dieser Rechner entspricht in seinen Angabemöglichkeiten in etwa dem LFU-Rechner. In einigen Punkten erweist sich die Abfrage detaillierter. Der Nutzer kann die durchschnittliche Besetzung eines eigenen Fahrzeugs und den exakten Verbrauch in l/100 km angeben. LFU sieht für den Verbrauch nur Bereiche vor (z.B. 7-9 l). Für den öffentlichen Nah- und Fernverkehr gibt es einen Pauschalwert, dafür wird zusätzlich die Reisklasse erfasst. Dadurch berücksichtigt man die Tatsache, dass die Sitzplätze in höheren Klassen besser ausgestattet sind und mehr Raum einnehmen. Die Anzahl der Sitzplätze pro Wagen sinkt, während der Umweltverbrauch pro Sitzperson zunimmt. Für den Flugverkehr gilt das gleiche Argument.

Abb. 22: Bereich Mobilität im Rechner Proclim



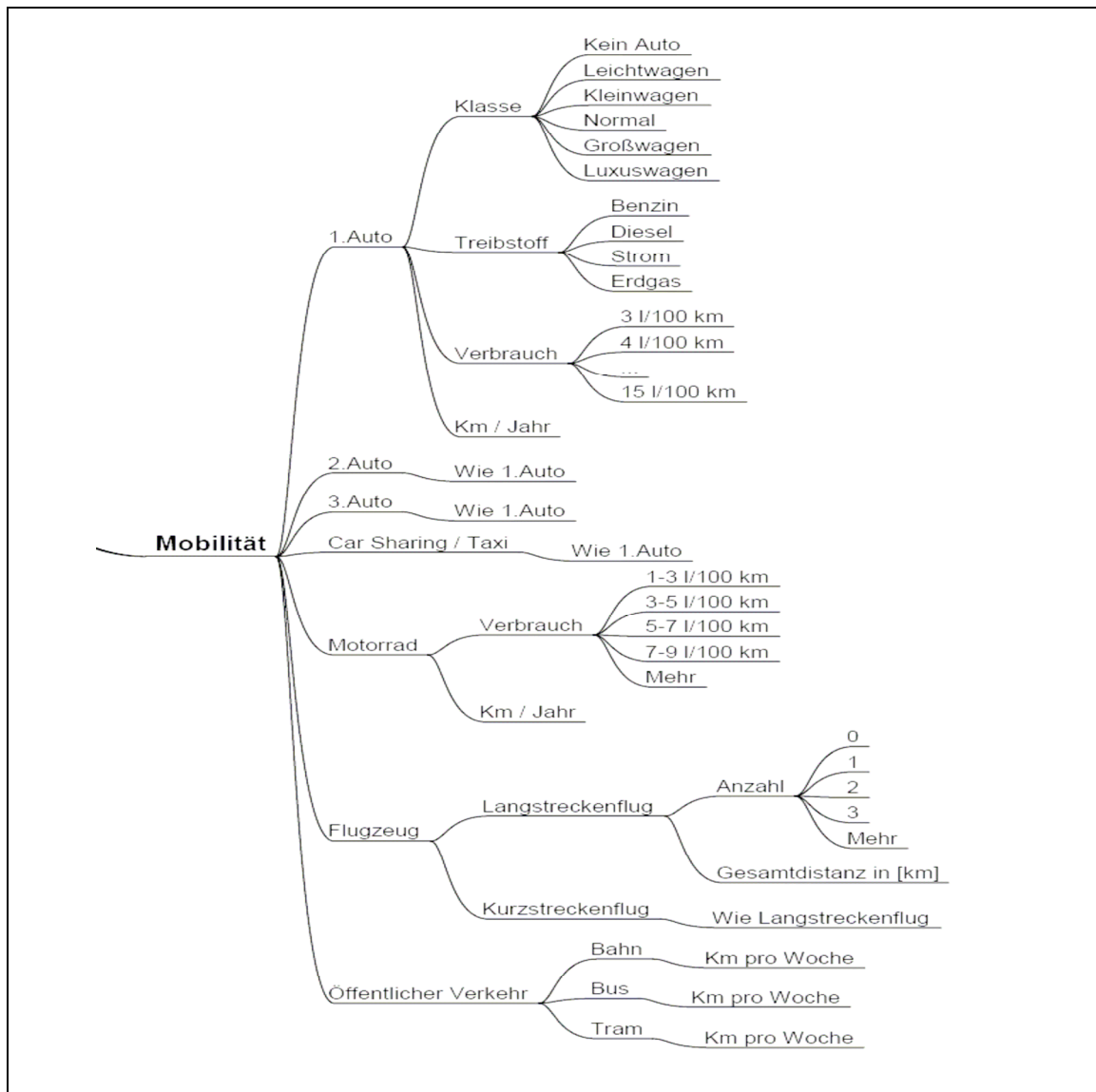
Quelle: Eigene Darstellung

5.1.5 ECO2-privat

Prinzipiell unterscheidet sich der Rechner nicht von seinen Vorgängern. Anstatt drei Autotypen sind hier fünf Typen möglich. Neben der litergenauen Angabe zur Effizienz

(l/100 km) wird auch die Treibstoffart erfasst. Der öffentliche Verkehr gliedert sich in Bahn, Bus und Tram; Flugreisen werden nach Kurz- und Langstrecke kategorisiert. Außerdem besteht die Möglichkeit, Carsharing als Autonutzer anzugeben.

Abb. 23: Bereich Mobilität im Rechner ECO2



Quelle: Eco2 privat

In die Berechnung der Emissionen fließen zwei Werte ein. Die Gesamtemission besteht aus dem Emissionsfaktor multipliziert mit den zurückgelegten Kilometern des Verkehrsmittels plus einen konstanten Wert für graue Emissionen, die bei Herstellung und Unterhalt des öffentlichen Verkehrsnetzes, sowie bei der Produktion der Verkehrsmittel anfallen.

Folgende Emissionsfaktoren konnten aus den Ergebnissen im Programm zurückgerechnet werden:

Tab. 15: Emissionsfaktoren direkt und grau

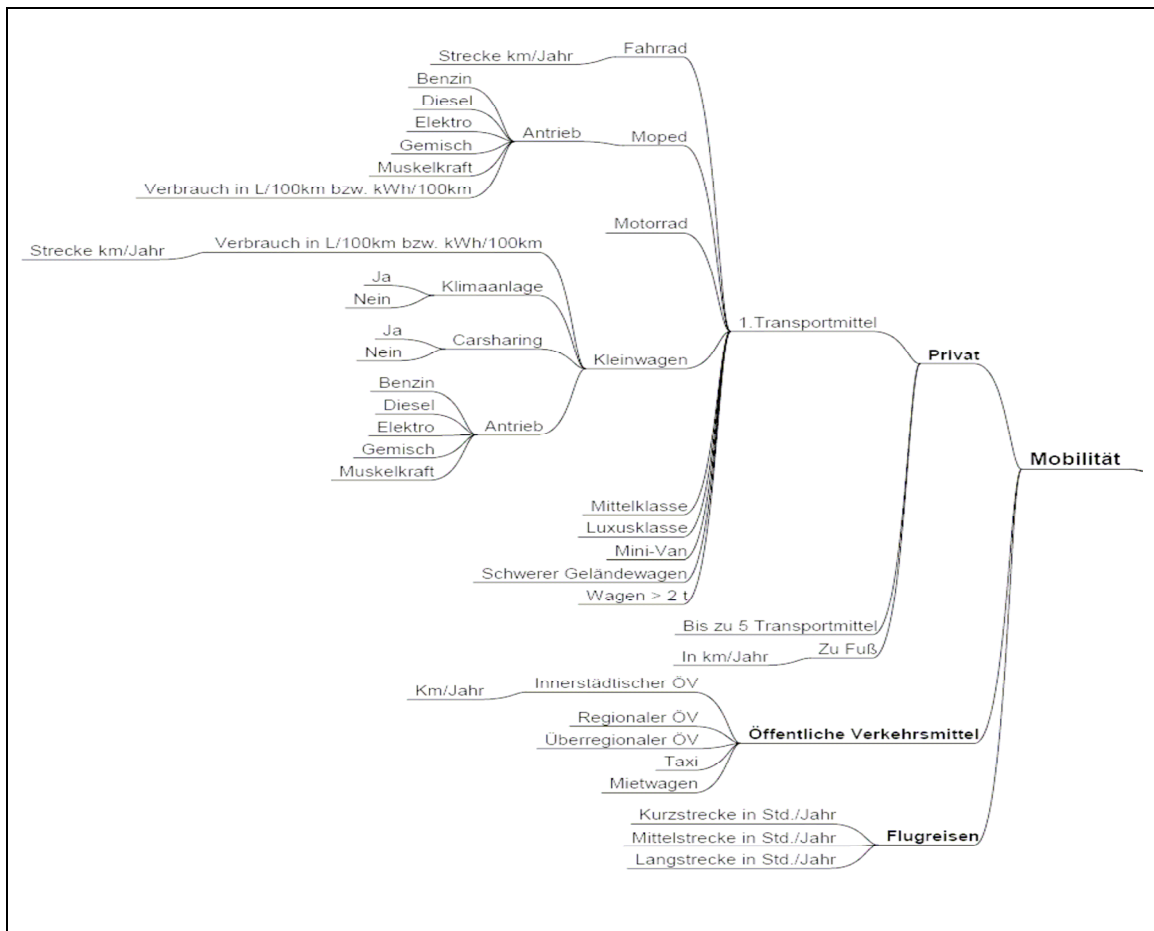
Verkehrsmittel	Emissionen [kg/km]	Graue Emissionen (konstant) [kg]
Bahn	0,014	0,14
Bus	0,067	0,14
Tram	0,014	0,14
Flugzeug Langstrecke	0,2905	0,02
Flugzeug Kurzstrecke	0,365	0,02

Quelle: Rechner ECO2 privat

5.1.6 Umweltbildung Österreich

Der Rechner ermittelt den größten Informationsgehalt zum Nutzerverhalten im Bereich Verkehr.

Abb. 24: Bereich Mobilität im Rechner der Umweltbildung Österreich



Quelle: Eigene Darstellung

Neben den üblichen Angaben zu Fahrzeug und Treibstoff, bietet diese Version auch an Car-Sharing oder die Benutzung von Mietwägen in die Berechnung zu integrieren. Die Wahlmöglichkeiten der Transportmittel für MIV, ÖPV und Flugverkehr sind besonders hoch. Die Faktoren lassen sich nicht direkt aus dem Programm ablesen, eine Beispielberechnung mit typischen Haushaltsdaten ist im weiteren Verlauf des Projekts vorgehen.

5.1.7 Umweltmobilcheck der Deutschen Bahn

Der Umweltmobilcheck der Deutschen Bahn erlaubt es verschiedene Verkehrsmittel miteinander zu vergleichen. Der PKW und seit Ende 2006 auch das Flugzeug werden der Bahn in den Kategorien Reisedauer, Energieverbrauch, CO₂ und andere Luftschadstoffe gegenübergestellt. Das ifeu stellte die Grundlagen der Emissions- und Verbrauchsfaktoren zur Verfügung. Mittelwerte und Emissionsfaktoren basieren auf dem Tool „TREMODO“, das speziell für den Verkehrssektor entwickelt wurde und mittlerweile von vielen relevanten Institutionen angewandt wird. Mit Hilfe des Berechnungsverfahrens können durchschnittliche Verbrauchsdaten und Emissionsfaktoren kontinuierlich aktualisiert werden. /ifeu 2006a/

Die Bilanz enthält Energieverbrauch bzw. Emissionen am Fahrzeug während des Betriebs, für die Exploration sowie Energieumwandlung (vom Primärenergieträger zum Endenergieträger) des Treibstoffs bzw. Strom und Verluste für die Energieverteilung. Der Energieaufwand für den Lebenszyklus der Fahrzeuge selbst wird nicht berücksichtigt.

Da Emissionen letztendlich pro Person und nicht pro Platz berechnet werden, kommt der Auslastung große Bedeutung zu. Der Umweltmobilcheck stützt sich dabei auf Durchschnittswerte der Deutschen Bahn. Die Werte für die Umweltbelastung einer Reise beruhen auf dem ermittelten Endenergieverbrauch je Platz und Kilometer (Platz-km). Für die weitere Umrechnung in Gramm CO₂ je Platz-km wird ein endenergiebezogener Faktor eingesetzt, der den Kraftstoffmix der Strecke widerspiegelt.

Um weiter die Belastung pro Personen-Kilometer zu erhalten, die für den einzelnen Kunden gilt, kommt zusätzlich die Auslastung zum Tragen. Anhand der vorgegebenen Daten kann man auf den Seiten des Umweltmobilchecks der Deutschen Bahn den Emissionsausstoß jeder möglichen Verbindung berechnen und die Bahnfahrt mit der zugehörigen Strecke im PKW oder Flugzeug vergleichen.

Da dieses Verfahren den Zugverkehr sehr detailliert darstellt, kommt eine Anwendung im persönlichen CO₂-Rechner in derselben Tiefe nicht in Frage.

Für die Betrachtung des durchschnittlichen Treibstoffverbrauchs für unterschiedliche PKW-Größen, ist Abb. 25 interessant. Für den Vergleich der Bahn zum PKW berücksichtigt das Rechentool, wie der Durchschnittsverbrauch eines Fahrzeugs von der Fahrweise (z.B. Geschwindigkeit, Stop-and-Go oder Verkehrsfluss) und der Fahrzeuggröße abhängt. Die Werte im Falle des CO₂-Rechners empfiehlt sich diese genaue Unterteilung in außerorts, innerorts und Autobahn kaum, denn der Nutzer kann die jeweils gefahrenen Streckenabschnitte über ein Jahr verteilt schwer beurteilen. Allgemeine

Durchschnittswerte sind an dieser Stelle praktikabel. Dazu kommt im Umweltmobilcheck die mittlere Auslastung eines PKW, die im Bundesdurchschnitt derzeit bei etwa 1,5 Personen pro Fahrzeug liegt. Der Nutzer kann diesen Wert individuell variieren. /ifeu 2006a/

Abb. 25: Durchschnittliche Kraftstoffverbräuche [Liter/100 km] (Stand November 2005)

Fahrzeugtyp	Größenklasse	Autobahn	Außerorts ohne Auto- bahn	Innerorts
Otto Pkw mit geregeltem Katalysator, Baujahr ab 2001	Kleinwagen	6,9	5,1	7,3
	Untere Mittelklasse	7,4	5,7	8,7
	Mittelklasse	8,0	6,4	10,0
	Obere Mittelklasse	9,5	7,5	11,3
	Oberklasse	11,1	8,7	12,6
Diesel-Pkw, Baujahr ab 2001	Kleinwagen	4,1	3,1	4,5
	Untere Mittelklasse	5,2	3,9	5,7
	Mittelklasse	6,2	4,7	6,8
	Obere Mittelklasse	7,3	5,4	7,9
	Oberklasse	8,5	6,2	8,9
Anmerkungen: Energieverbrauch am Fahrzeug Quelle: TREMOD 4 vom 30.11.2005		IFEU Heidelberg 2006		

Quelle: ifeu 2006a

Die Herstellung der Fahrzeuge zählt weiterhin zur Kategorie „Konsum“. Laut Rechner Prima-Klima entstehen z.B. bei der Produktion eines VW Golfs in etwa 4 t CO₂ /PrimaKlima 2006/. Zum Bereich Mobilität gehören diejenigen Emissionen, die bei der Verbrennung im Motor entstehen, sowie die Vorkette der Energiebereitstellung der Kraftstoffe.

5.1.8 Emissionsrechner Atmosfair

Die Organisation Atmosfair erreichte mit dem Verkauf von CO₂-Emissionszertifikaten für den Luftverkehr nationale Bekanntheit. Die Höhe der CO₂-Emissionen, die bei Flugreisen entstehen, basieren auf dem errechneten Treibstoffverbrauch pro Flug und Person. Der CO₂-Faktor für Kerosin hängt vom Kohlenstoffgehalt des Treibstoffs ab und erreicht im Mittel 3,15 kg pro kg Kerosin. Weitere klimarelevante Schadstoffe aus dem Flugverkehr, wie Stickoxide und Partikel werden auf die Klimawirkung von CO₂ umgerechnet.

Dabei spielt der Radiative Forcing Index (RFI) eine Rolle, der vom IPCC grob zwischen 2 und 4 geschätzt wird. Der RFI beschreibt die Menge an CO₂ die emittiert werden müsste, um den gleichen Effekt zu erzeugen wie das tatsächliche Gemisch von Schadstoffen, die bei der Verbrennung im Triebwerk entstehen (mehr Informationen zu RFI siehe Kapitel 5.2.3).

Da die erhöhte Klimawirksamkeit vor allem bei Langstreckenflügen über 9 km Höhe auftritt, rechnet Atmosfair bei Flügen ab 400 – 500 km mit einem Faktor von 3,0 und verwendet umgekehrt bei Kurzstreckenflügen keinen RFI.

Um den Treibstoffverbrauch für eine Person pro Flug und damit die CO₂-Bilanz zu ermitteln, spielen die geflogene Distanz (mit Start und Landung), Flugzeugtyp, die Bestuhlung, Auslastung und mitbeförderte Fracht eine Rolle. Eine ausführliche Diskussion zum Flugverkehr erfolgt im nächsten Kapitel /Atmosfair o.J./.

5.2 Offizielle Statistiken zum Verkehr

Das wachsende Verkehrsaufkommen, vor allem im Flugverkehr, hebt Erfolge bei der Energieeffizienz auf und führt zu immer weiter steigenden Emissionen in diesem Bereich. Die Diskrepanz zwischen politischer Zielsetzung und der Realität scheint zuzunehmen. Nachfolgend werden aktuelle Statistiken zum Verkehr in Deutschland diskutiert und verglichen, sowie für die weitere Anwendung im CO₂-Rechner abgestimmt. Für den Pro-Kopf Ausstoß wird hier eine Einwohnerzahl von 82,5 Mio. zu Grunde gelegt.

5.2.1 Verkehrsbilanzen

Das ifeu Institut aktualisiert regelmäßig den Energieverbrauch und Schadstoffemissionen aus dem Verkehrssektor in Deutschland. Die Datenanalyse basiert auf dem TREMOD-Modell und umfasst den Zeitraum von 1960 bis 2030. Daraus geht der direkte Energieverbrauch in Form des Primärenergieverbrauchs (MJ) und des Endenergieverbrauchs der Kraftstoffe hervor. Neben direkten Emissionen am Fahrzeug während der Kraftstoffverbrennung, berücksichtigt das Berechnungsverfahren auch Energieaufwand und Emissionen der Energiebereitstellung. Das gleiche gilt auch für den Strombereich, getrennt nach öffentlichem Stromnetz und Bahn-Netz.

Danach verursachte der Verkehrssektor im Jahr 2005 insgesamt 217 Millionen Tonnen CO₂. Bezieht man die Treibhausgase CH₄ und N₂O mit ihrer entsprechenden Klimawirksamkeit mit ein, entstehen 220 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Die Emissionen (CO₂-Äquivalente) fallen zum größten Teil im Straßenverkehr an (81,5%), gefolgt von Luftverkehr (13%) und Schienenverkehr (5 %). Der Schiffsverkehr trägt nur minimal zum Emissionsausstoß bei (0,5 %) /ifeu 2006c/. Der Flugverkehr wurde nach dem Standortprinzip ermittelt (für weitere Erläuterungen siehe Kapitel Flugverkehr).

Die Pro-Kopf-Emission erreichte für das Jahr 2005 **2,63 t CO₂** oder **2,66 t CO₂-Äquivalente** /ifeu 2006b/. Die genaue Verkehrsleistung und zugehörige Emissionen zeigt Tab. 16.

Tab. 16: Verkehrsleistung und Emissionen des Personen – und Güterverkehrs 2005

Personenverkehr			Güterverkehr		
	Mrd. Pkm	Mio. t CO ₂ -Äqu.		Mrd. tkm	Mio. t CO ₂ -Äqu.

Strasse	963,05	128,9	Strasse	392,5	50,2
Schiene	85,17	7,2	Schiene	83,46	5,9
Wasser	0,00	0,0	Wasser	65,86	1,1
Luft	163,74	23,4	Luft	7,15	2,9
Gesamt	1212	159,5	Gesamt	549	60,2

Quelle: ifeu 2006b

Für die Entwicklung eines CO₂-Rechners sind die Emissionen aus dem Personenverkehr ausschlaggebend. Der Güterverkehr zählt bilanztechnisch in den Bereich Konsum und fällt deshalb nicht zum Bürger-Durchschnittswert für Mobilität. Die CO₂-äquivalenten Emissionen aus dem Straßen-Individualverkehr betragen demnach 128,4 Millionen Tonnen (2005), das heißt in etwa **1,56 t CO₂-Äquivalente** pro Person.

PKW mit Otto oder Dieselmotor stellen mit 123,1 Millionen Tonnen die Hauptemissionsquelle dar. Busse und MZR verursachen einen relativ kleinen Anteil der Emissionen aus dem Personenverkehr (Alternative Antriebstoffe wie Gas, Strom, Biokraftstoff oder Wasserstoff tragen bisher im Verkehrssektor mit einem unerheblichen Anteil zu klimawirksamen Schadstoffemissionen bei /ifeu 2006c/).

Der öffentliche Verkehr (ÖV) wird für die persönliche CO₂-Bilanz nach ÖPNV, Eisenbahn Nahverkehr und Eisenbahn Fernverkehr differenziert. Zum ÖPNV zählen Busse und städtische Bahnen (Straßen-, U-Bahn). Die CO₂-äquivalenten Emissionen aus diesem Verkehrssektor liegen wesentlich niedriger als der PKW-Verkehr: mit insgesamt 8,8 Millionen Tonnen produziert jeder Bürger im Schnitt **0,11 t CO₂-Äquivalente**.

Der Flugverkehr wird im nächsten Kapitel gesondert behandelt /ifeu 2006c/.

Laut offiziellen Statistiken des UBA hinsichtlich der THG-Entwicklung in Deutschland, macht der Verkehr 2005 einen Anteil von 20 Prozent der nationalen Emissionen aus. Reine CO₂-Emissionen liegen bei etwa 165 Millionen t, was für den Einwohner eine individuelle Durchschnittsquote von 2 t pro Jahr bedeutet und insgesamt etwas niedriger liegt die Berechnungen aus TREMOD /UBA 2007/.

Diese Bilanz entspricht den Vorgaben des IPCC für das Nationale Treibhausgasinventar, das im Rahmen des Kyoto-Protokolls alljährlich veröffentlicht wird. Der Unterschied zu TREMOD beruht vor allem auf einer gesonderten Bilanz des Luftverkehrs (nur 20% der betankten Menge). Zum anderen fallen Emissionen aus der Energiebereitstellung für Kraftstoffe in den Industriesektor. Außerdem wird der elektrische Schienenverkehr unter „stationäre Quellen“ bilanziert, und gehört damit zum Sektor Energiewirtschaft. Bahnstromkraftwerke gehören in der nationalen Bilanz zur öffentlichen Stromversorgung.

5.2.2 Emissionsfaktoren

Bei der Ermittlung der Emissionsfaktoren einzelner Kraftstoffe kommt es darauf an, dass nicht nur bei der Verbrennung, sondern auch bei der Bereitstellung von Treibstoffen und deren Verteilung Treibhausgase emittiert werden.

Die spezifischen Emissionen wurden für die wichtigsten Treibstoffe zusammengefasst und in der Tabelle dargestellt (Tab. 17). Da sich diese Werte konstant ändern, müssen die Faktoren im CO₂-Rechner in regelmäßigen Abständen (voraussichtlich einmal pro Jahr) aktualisiert werden.

Tab. 17: Eigenschaften und Emissionsfaktoren konventioneller Treibstoffarten

	Dichte	Verbrennung kg CO ₂ Äqu./ kg Treibstoff 2005 (2006)	Energiebereitstellung kg CO ₂ Äqu./ kg Treib- stoff 2005 (2006)	Summe kg CO ₂ -Äqu./ l Treib- stoff 2005 (2006)
Dieselmotorkraftstoff	832 g/l	3,417 (3,394)	0,435 (0,432)	2,84 (2,82)
Ottomotorkraftstoff	742 g/l	3,753 (3,752)	0,618 (0,617)	2,78 (2,78)
Kerosin		3,15	0,439	3,589 kg/kg

Quelle: ifeu 2007a (TREMODO)

Tab. 18: Eigenschaften und Emissionsfaktoren alternativer Treibstoffarten

	g CO ₂ -Äqu./MJ Treibstoff	Energiedichte	CO ₂ -Äqu. Faktor	Energieverbrauch (BRD)
Gas	65	39,82 MJ/m ^{3*}	2,59 kg/m ³ ³	4 000 t
Strom			0,6 kg/kWh ³	8 GWh
Biodiesel	49	32,65 MJ/l ¹	1,59 kg/l ³ 0,92 kg/l ⁴	632 Mio. l
Bioethanol	20 (Zuckerrohr) 44 (dt Mix)	21,06 MJ/l ¹	0,421 kg/l ³ 0,93 kg/l (dt.Mix) ⁴	
Wasserstoff	99 (aus Erdgas) 9 (Windenergie)	12,63 MJ/m ³ ²	1,25 kg/m ³ ³ 0,114 kg/m ³ ³	0,0 t
Quelle(n)	WI 2006	¹ nach BMF ² Zittel et al.1996	³ WI 2006 ⁴ Ifeu 2007b	WI 2006

Gerade bei Biokraftstoffen hängen die Emissionsfaktoren stark von der Sorte und Herkunft der genutzten Pflanzen ab. Die Faktoren im Rechner sollten deshalb unbedingt dem deutschen Mix entsprechen.

Spezifische Kennwerte für den CO₂-Ausstoß der öffentlichen Verkehrsmittel wurden intern auf Basis des TREMOD-Modells ermittelt. Die Bilanz berücksichtigt den Energie-

verbrauch nach Energieträgern und die damit verbundenen THG-Emissionen (CO₂-Äquivalente) im Zusammenhang mit der beförderten Anzahl von Personen und den zurückgelegten Kilometern. Analog zum PKW-Verkehr gehören die Emissionen aus der Vorkette der genutzten Energieträger zur Bilanz dazu.

Tab. 19: Emissionsausstoß pro Personenkilometer (Bilanzjahr 2005)

Verkehrsmittel	[kg CO ₂ -Äqu./ Pkm]
ÖPNV (Metro, Straßenbahn, Bus)	0,076
Bahn Nahverkehr (S-Bahn, RE, RB)	0,101
Bahn Fernverkehr (ICE, IC, EC)	0,064

Quelle: ifeu 2006c

5.2.3 Sonderfall Flugverkehr

Emissionen die im Flugverkehr ausgestoßen werden benötigen eine gesonderte Betrachtung. Hohe Verkehrszuwächse haben dazu geführt, dass sich der Luftverkehr zu einer nicht unbedeutenden Größe für die globale Erwärmung entwickelte. Der Zuwachs an Passagieren betrug z.B. in Deutschland im 1.Quartal 2005 insgesamt sechs Prozent im Vergleich zum Vorjahreswert.

Gerade in Deutschland kommt das Wachstum besonders durch den internationalen Flugverkehr zustande (10 Prozent Steigerung) /WI 2006/. Jedoch tauchen in den nationalen Treibhausgasbilanzen der IPCC Vertragsstaaten nur Emissionen aus dem inländischen Luftverkehr auf. Emissionen aus Flügen mit internationalen Zielen bleiben im wahrsten Sinne des Wortes in der Luft hängen. Laut IPCC fallen diese Emissionen nicht unter die Verantwortung der einzelnen Staaten, und werden im Bericht lediglich erwähnt.

5.2.3.1 Klimawirkung

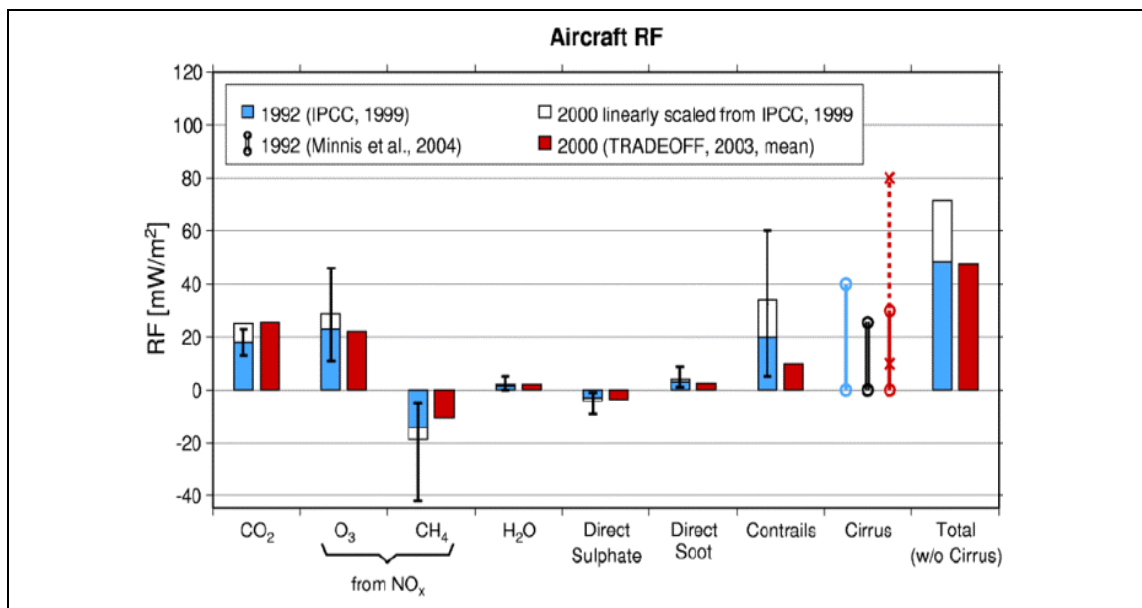
Emissionen aus dem Flugverkehr basieren auf einer komplexen Wirkungskette, da neben Treibhausgasen auch Kondensstreifen und die Bildung von Zirruswolken das globale Klima beeinflussen. Da Schadstoffe direkt in die höheren Schichten der Atmosphäre eingeführt werden, unterscheidet sich ihre Klimarelevanz deutlich von bodennahen Emissionen. Kritische Stoffe für den Flugverkehr sind CO₂, Stickoxide (NO_x als Vorstufe von Ozon und nachfolgendem Methanabbau) sowie Wasserdampf das zur Bildung von Kondensstreifen führt und Partikel die zusätzlich als Cloud Condensation Nuclei wirken und Zirruswolken begünstigen. Schadstoffe weisen in dieser Höhe besonders hohe Verweilzeiten auf. Neben der Flughöhe, stellt auch der Zustand der Atmosphäre zu dem Zeitpunkt des Flugs einen erheblichen Einflussfaktor dar. Der Zustand der Atmosphäre wird durch den atmosphärischen Druck, die Umgebungstemperatur und die Luftfeuchte bestimmt.

Um die Klimawirkung zu bestimmen, benutzen Wissenschaftler den Faktor Strahlungswirkung (radiative forcing), der das spezifische Erwärmungspotenzial eines Treibhausgases in Watt pro Quadratmeter [W/m^2] beschreibt. Die Strahlungswirkung bezieht sich immer auf einen bestimmten Zeitraum.

Daraus leitete man den Radiative Forcing Index (RFI) ab, der vom IPCC als das Verhältnis des gesamten Strahlungsantriebs aller Emissionen zum Strahlungsantrieb durch CO₂ alleine definiert wird. In diesem Zusammenhang misst der RFI die zusätzliche Bedeutung des Flugverkehrs für den Klimawandel, über den Kohlenstoffausstoß hinaus. Der Index liegt laut IPCC zwischen 2.2 und 3.4 mit einer besten Schätzung bei 2,7 /IPCC 1999/.

Die Nachfolger-Studie TRADEOFF kam zu dem Ergebnis, dass der Einfluss von Zirruswolken bisher überschätzt wurde und korrigierte den Wert mit 1,9 deutlich nach unten /Jardine 2005/. Die verschiedenen Strahlungsantriebe der Schadstoffe und deren Auswirkungen finden sich in Abb. 26.

Abb. 26: Radiative Forcing der Schadstoffe und Folgeeffekte aus dem Luftverkehr



Quelle: ACCENT 2006

5.2.3.2 Bilanzierungsmodelle für Emissionen aus dem Luftverkehr

Es gibt verschiedene Methoden den Luftverkehr statistisch zu erfassen. Die meisten Berichte beziehen sich entweder auf das Territorialprinzip oder das Standortprinzip. Die wichtigsten Angaben um daraus Emissionen zu berechnen sind Verkehrsaufkommen, Verkehrsleistung und der Energieverbrauch.

Territorialprinzip heißt, dass nur das Verkehrsaufkommen über dem Staatsgebiet eines Landes gezählt wird. Falls ein Flug ein Ziel im Ausland hat, bricht die statistische Aufzeichnung an der Landesgrenze ab. Überflüge werden meistens nicht berücksichtigt.

Standortprinzip bedeutet, dass die Abflugs- und Zielhäfen der Personen und Güter erfasst werden, die im Inland zusteigen bzw. geladen werden. Normalerweise zählt der erste Aussteigeflughafen als Zielort und nur beim erweiterten Standortprinzip wird der Passagier bzw. das Gut bis zum Endzielflughafen statistisch verfolgt.

Die Zahl von Personen oder Gütern, die im Flugverkehr befördert werden, werden über das *Verkehrsaufkommen* gemessen. Bei Personen bezieht sich die Angabe meist auf die Zahl der Einsteiger pro Jahr, für Güter verwendet man die Anzahl der geladenen Tonnen. Wird diese Zahl mit den zurückgelegten Kilometern multipliziert, ergibt sich die Verkehrsleistung. Im Personenverkehr heißt die zugehörige Einheit Personenkilometer (Pkm), für Güter entsprechend Tonnenkilometer (tkm).

Der Energieverbrauch von Flugzeugen entspricht der verbrauchten Menge an Treibstoff, die mit Hilfe geeigneter Faktoren für die Berechnung des Emissionsausstoßes herangezogen werden kann (Definitionen nach /ifeu 1996/).

Für die Anwendung im CO₂-Rechner erscheinen beide Prinzipien nicht zufriedenstellend. Dort soll ein Mittelwert aus dem Emissionsausstoß des Flugverkehrs pro Einwohner gebildet werden. Nach dem Territorialprinzip fehlt ein großer Teil der deutschen Luftverkehrsemissionen, da die Zählung nur bis zur Bundesgrenze geht. Statistiken zeigen jedoch, dass der Großteil der Flugzeugbewegungen im deutschen Luftraum auf internationale Flüge zurückzuführen ist.

Darüber hinaus werden Flugkilometer über internationalem Territorium überhaupt nicht registriert. Das Standortprinzip, das weltweit gesehen den gesamten Flugverkehr berücksichtigt, schließt diese Lücke. Dennoch versäumt die Art der Bilanzierung auf nationaler Basis den Rückflugverkehr der deutschen Bevölkerung z.B. aus ihren Urlaubsdomicilen. Für die persönliche Bilanz, die Emissionen nach dem Verursacherprinzip ermittelt, gehörten diese Flüge ebenfalls dazu. Dafür sollten ausländische Besucher und Umsteiger auf deutschen Flughäfen möglichst nicht in der deutschen Bürgerbilanz auftauchen.

Die Methode des IPCC für die Berechnung der Emissionen aus dem Flugverkehr in den Mitgliedsstaaten schreibt vor, dass nur der Inlandsflugverkehr für den Nationalen Inventarbericht (NIR) erfasst werden soll. Deutschland zieht dafür die im Land vertankte Treibstoffmenge als Datengrundlage heran, die in etwa dem Flugverkehr nach dem Standortprinzip entspricht.

Da nur Daten über die gesamte in Deutschland vertankte Kerosinmenge vorliegen, die Inlands- und Auslandsflüge beinhaltet, wurde die Vereinbarung getroffen, den Luftverkehr zu 20% ins Inland und zu 80% ins Ausland zu verbuchen.

Verschiedene Studien deuten auf ein derartiges Verhältnis hin, ein direkter Zusammenhang besteht jedoch nicht. Das UBA ermittelte für den innerdeutschen Passagierluftverkehr im Jahr 1995 einen Anteil von 27,6 % des Aufkommens, bestimmt nach dem Standortprinzip /UBA 1995/. Umsteiger inbegriffen, zählten im Jahr 2002 Passagiere auf innerdeutschen Strecken 17,4 % der insgesamt beförderten Personen /UBA 2006a/.

Nach IPCC zählen auch Umsteiger zur nationalen Emissionsbilanz. Gemessen an den Flugbewegungen berichtet die Statistik einen Anteil von 23,4 % mit Ziel innerhalb Deutschlands /UBA 2006, S. 138-139/.

5.2.3.3 Emissionen aus dem Nationalen Inventarbericht (NIR)

Emissionsfaktoren für CO₂, H₂O und SO₂ können direkt aus dem spezifischen Treibstoffgehalt ermittelt werden. Die restlichen Werte stammen aus Abgas-Messungen (CH₄, N₂O, NO_x, CO und NMVOC). Für die nationale Bilanz spielen aber nur die direkten Treibhausgase CO₂, CH₄, und N₂O eine Rolle.

Abb. 27 zeigt die verwendeten Emissionsfaktoren im NIR 2006.

Abb. 27: Emissionsfaktoren für den Flugverkehr ab 2003

Bezeichnung	Emissionsfaktor neu [g/kg]	Emissionsfaktor neu [kg/TJ]	Emissionsfaktor alt [kg/TJ]
Schwefeldioxid	0,4	9,3	9,3
Stickstoff als Stickstoffdioxid	14,00	325,58	390
flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan)	1,61	37,44	59
Methan	0,04	0,93	1
Kohlenmonoxid	9,20	213,95	390
Kohlendioxid	3.150,00	73.265	74.000
Distickstoffoxid (Lachgas)	0,15	3,49	1,5

Quelle: UBA 2006

Die erhöhte Klimawirksamkeit der Gase geht nicht in die Bilanz mit ein. Die landesweiten Emissionen basieren auf der Menge verkauften Flugtreibstoffs und errechnen sich wie folgt:

$$\text{Emissionen} = 20 \% \text{ Treibstoffverbrauch} * \text{Emissionsfaktor}$$

Die gesamte Menge der im Bericht erfassten CO₂-Emissionen des Flugverkehrs beträgt 4,3 Millionen Tonnen. Pro Person entspricht das 0,05 t CO₂ /UBA 2006/.

5.2.3.4 Erweiterte Erfassung

Schon der nationale Treibhausgasbericht weist darauf hin, dass die Aufteilung zwischen Inlands- und Auslandsflugverkehr eher konservativen Annahmen entspricht. Durch die gängige Praxis nach Vorgaben des IPCC, nämlich Emissionen aus internationalen Flügen nicht der nationalen Treibhausgasbilanz zuzuordnen, wird der Umfang des Luftverkehrs sowie seine Klimawirkung in den offiziellen Bilanzen völlig unterschätzt.

Für die persönliche CO₂-Bilanz bedeutet dieser Aspekt, dass der Flugverkehr im Durchschnittswert (etwa 11 Tonnen *siehe Eingangskapitel*) bisher nur zu einem sehr kleinen Teil berücksichtigt wird. Nach dem Verursacherprinzip gehören jedoch alle von Deutschen verursachten Emissionen in die persönliche Bilanz. Mehrere Studien kritisieren die ungenaue Bilanzierung des Flugverkehrs, der für die Entwicklung der Emissionen im Verkehrsbereich eine maßgebliche Rolle spielt.

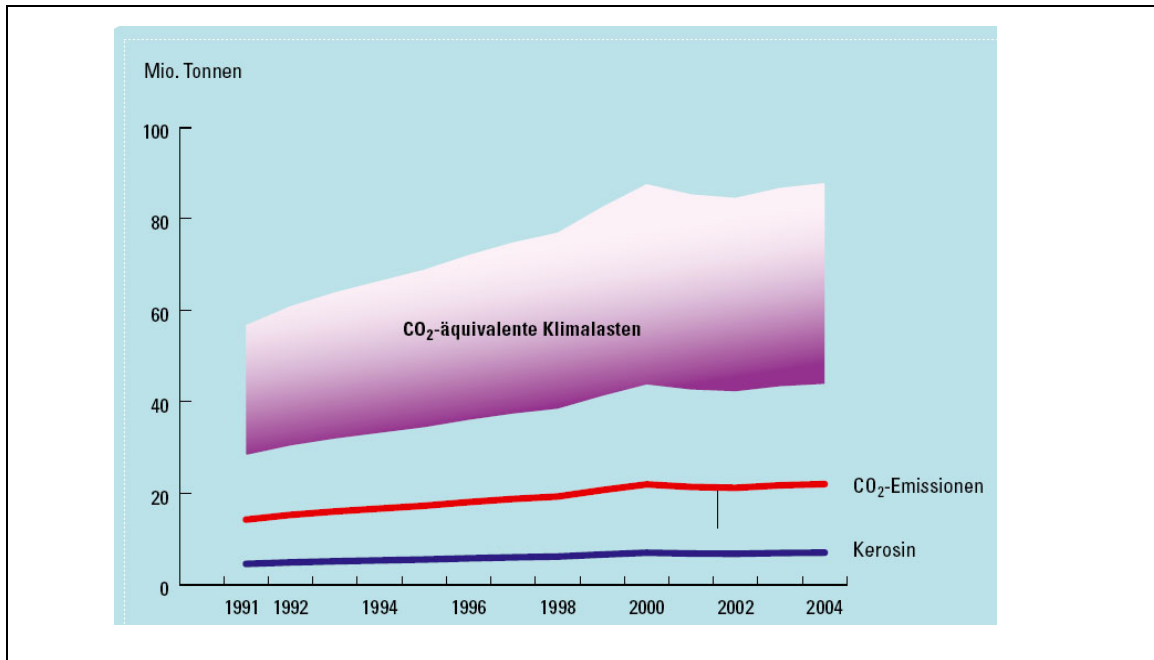
Das ifeu schlägt deshalb in der Studie „*Verkehrsleistung und Luftschadstoffemissionen des Personenflugverkehrs in Deutschland*“ das Inländerprinzip vor, als eine Möglichkeit das Verursacherprinzip im Flugverkehr anzuwenden */ifeu 1996/*. Berechnungen nach diesem Prinzip enthalten alle Verkehrsbewegungen von Bürgern eines Landes, egal an welchem Ort sie sich aufhalten (im In- oder Ausland). Weil dafür keine Statistiken vorliegen, mussten einige Annahmen getroffen werden. Auf der Basis von Fluginformationen nach dem Standortprinzip konnte der gesamte Flugverkehr der Inländer für das Jahr 1993 überschlägig ermittelt werden.

Es zeigte sich, dass der gewerbliche Flugverkehr mit 145 Milliarden Personenkilometern um 50 % höher lag, als nach den üblichen Berechnungen laut Standortprinzip. Der Tourismus stellte dabei einen Anteil von 70 % der Personenkilometer und zwei Drittel der gesamten CO₂-Emissionen dar. Der Pro-Kopf Ausstoß lag mit 81,3 Mio. Einwohnern bei 0,24 t.

Auch das UBA veröffentlicht Informationen zu Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung des Flugverkehrs nach dem Standortprinzip. Gemäß einer Statistik aus dem Jahr 1995 verbrauchte jeder Deutsche pro Jahr durchschnittlich 91 Liter Kerosin für Flugreisen. Diese Menge Kerosin entspricht 0,228 t CO₂ pro Einwohner und Jahr, ohne RFI */UBA 1995/*.

Im Auftrag des UBA aktualisiert das ifeu regelmäßig Datensätze zu Energieverbrauch und Schadstoffemissionen aus dem Verkehr. Wie schon im Bereich Straßenverkehr und öffentlicher Verkehr liegen auch für den Personenflugverkehr die aktuellen Zahlen vor. Die Emissionen stiegen 2005 auf über 23 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr. Das sind pro Person **0,28 t** CO₂ pro Jahr */ifeu 2006c/*.

Abb. 28: Treibstoffverbrauch und Klimalasten



Quelle: WI 2006

Das Wuppertal-Institut veröffentlichte kürzlich eine Studie, die u.a. auch die ungenaue Bilanzierung des Flugverkehrs im nationalen Treibhausgasbericht unterstreicht. Emissionen aus dem Luftverkehr eines Landes sollten wenigstens der inländischen Betankungsmenge entsprechen. Angaben zu Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung entsprechen den oben genannten Werten /ifeu 2006/. Zusätzlich greifen die Autoren die Problematik des RFI auf, der erheblichen Einfluss auf die Bilanz ausübt. Der oft als „best guess“ zitierte RFI-Faktor von 2,7 erhöht nationale Emissionen auf eine Klimawirkung, die etwa 62 Millionen Tonnen CO₂ entspricht. Pro Einwohner bedeutet das 0,75 t /WI 2006/. Die Abbildung zeigt die Spanne der klimawirksamen Emissionen aus dem Flugverkehr.

Die Abb. 28 zeigt die Spanne der klimawirksamen Emissionen aus dem Flugverkehr. Die nachstehende Tabelle fasst sämtliche wichtige Informationen aus den erwähnten Quellen zusammen und beinhaltet außerdem spezifische Kennwerte für den CO₂-Ausstoß des Flugverkehr pro Pkm:

Tab. 20: Wichtige Daten zum Luftverkehr aus verschiedenen Quellen

	Einheit	ifeu (1996)	UBA (1995)	ifeu (2006c)
Jahr der Erhebung		1993	1995	2005
Prinzip		Inländer	Standort	Standort
Inlandsflüge	kg CO ₂ /km	0.22	0.3025	0,193
Europaflüge	kg CO ₂ /km	0.148	0.2875	0,133

Charterflüge (Südeuropa)	kg CO ₂ /km	0,11	0,11 – 0,115	
Interkontinentalflüge	kg CO ₂ /km	0,148	0,1575	0,133
Verkehrsleistung	Mrd. Pkm	145	112	168,5
vertankter Treibstoff	t/a	217 PJ ² ~ 5 081 967	5 892 097	6 406 351 (Kerosin)
CO ₂ absolut	t/a	19 300 000	18 560 106	22 965 941
CO ₂ pro Kopf	t/cap/a	~ 0,24	~ 0,22	~ 0,28 (0,284 t CO ₂ -Äqu.)

Charterflüge, meistens mit Ziel in die Haupturlandsgebiete in Südeuropa, weisen besonders niedrige spezifische Emissionen auf. Grund dafür ist der hohe Auslastungsgrad. In aktuellen Bilanzen wird allerdings nicht mehr zwischen Gelegenheits- und Linienverkehr unterschieden, da die Auslastung generell durch besseres Management und steigende Verkehrsteilnehmer zunimmt.

5.3 Zusammenfassung Mobilität

Im CO₂-Rechner enthält der Nationale Durchschnittswert für den Verkehrssektor nur Emissionen aus dem Personenverkehr und unterscheidet sich in Straßenverkehr (hauptsächlich PKW), öffentlicher Verkehr und Flugverkehr. Der Güterverkehr gehört in der Bürgerbilanz in den Bereich *Konsum*. Der Anteil des Straßenverkehrs an der persönlichen Bilanz beträgt in etwa 1,56 t CO₂-Äquivalente pro Person (Stand 2005) und liegt damit über dem Durchschnittswert des LFU mit 1,4 t. Der öffentliche Verkehr macht dagegen mit 0,11 t CO₂ einen sehr viel geringeren Teil aus (0,23 t, LFU).

Vor dem Hintergrund der stark wachsender Passagierzahlen und der wissenschaftlichen Erkenntnis, dass Flugzeugemissionen in großer Höhe stärker zur Klimaerwärmung beitragen, nimmt der Flugverkehr eine Sonderrolle ein. Aktuelle Statistiken, die Emissionen an die verkaufte Menge an Flugtreibstoff in Deutschland koppeln, ergeben Pro-Kopf Emissionen von 0,28 t pro Person, allerdings ohne RFI.

Da die wichtigste Zielsetzung des CO₂-Rechners ist, Klimaschutz im Verhalten des Bürgers zu verankern, schlagen wir vor, den Flugverkehr im Vergleich zu den sonst üblichen Bilanzen mit einer erhöhten Klimawirksamkeit anzusetzen. Diese Aufwertung des Flugverkehrs beinhaltet eine Übertragung des Inländerprinzips auf den aktuellen Datensatz und die Berücksichtigung des RFI, zumindest für Langstreckenflüge.

² Umrechnungsfaktor: 42,7 MJ/kg Kerosin /ifeu 2006a/

Im folgenden schätzen wir den Emissionsbeitrag für den Flugverkehr eines Bürgers ab!

Die Berechnungen des ifeu nach dem Inländerprinzip zeigten, dass die tatsächlichen Emissionen des Flugverkehrs, die von Einwohnern Deutschlands verursacht wurden, 1,5 mal höher sind als nach dem Standortprinzip ermittelt. Außerdem muss die erhöhte Klimawirksamkeit der Emissionen in großer Höhe durch den RFI-Faktor berücksichtigt werden. Die letzten Verbrauchsdaten für den Flugverkehr liegen bei 0,284 t CO₂ pro Person und Jahr /ifeu 2006c/.

Damit ergibt sich folgende Formel:

mittlerer CO₂-Emissionsausstoß=

$$0,284 \text{ t CO}_2\text{-Äqu./EW/a} \times 1,5 \times \text{RFI } 2,0 = \mathbf{0,85 \text{ t CO}_2\text{/Person/a}}$$

Für die persönliche Gesamtbilanz heißt das, die durchschnittlichen Emissionen des Flugverkehrs werden erheblich größer. Der LFU-Rechner geht bisher von 0,17 t pro Person aus. Dabei ist es wichtig, den Nutzer bei der Ausführung des Programms und der Berechnung der CO₂-Bilanz ausführlich über diese zusätzliche Gewichtung zu informieren.

Neben einer Sensibilisierung der Nutzer über die schädlichen Konsequenzen des Flugverkehrs, sind auch kurze Autofahrten im Stadtverkehr eine vermeidbare Quelle von Emissionen. Die Nutzer sollten durch entsprechende Handlungsempfehlungen dazu angeregt werden auf emissionsärmere Verkehrsträger (ÖPVN) umzusteigen, oder die CO₂-neutralen Alternativen „Zu Fuß gehen“ und „Fahrrad fahren“ zu wählen.

Mit diesen spezifischen Flugverkehrsemissionen erreicht der Sektor Verkehr in der persönlichen Bilanz des Durchschnittsbürgers **2,52 t CO₂-Äquivalente** pro Jahr.

Recherche CO₂-Bilanz des Bürgers - ERNÄHRUNG

6 Bereich Ernährung / CO₂-Rechner

Der erste Teil dieses Kapitels beschreibt, wie der Bereich Ernährung von den verschiedenen CO₂-Rechnern behandelt wird. Es wird deutlich, in welcher Spannweite die CO₂-Emissionen liegen und mit welcher Methode der Nutzer seinen Verbrauch an Lebensmitteln für die Berechnung angibt. Danach werden Ergebnisse wissenschaftlicher Studie dargestellt und die Diskussion zusammengefasst.

Folgende Rechner integrieren den Bereich Ernährung in ihre CO₂-Bilanz:

- FH Bielefeld
- ECO2-privat
- Greenpeace
- Klimabalance
- LFU
- Proclim
- Ecocheck (Umweltbildung Österreich)

6.1 Rechnervergleich

6.1.1 LFU-Rechner

Der Grundwert **1,13 t CO₂/a** ergibt sich für eine Person mit einem Kalorienverbrauch von 2400 kcal/Tag, die keinen Sport treibt, sich von Mischkost ernährt, gelegentlich Tiefkühlprodukte isst und im Supermarkt einkauft. Der Bundesdurchschnitt liegt dagegen bei **1,5 t CO₂/a**.

Alle anderen Varianten lassen sich mit folgenden Faktoren (1,13 t CO₂/a als Ausgangswert) berechnen:

Tab. 21: Faktoren für die Emissionsbilanz im Bereich Ernährung (LFU)

Kalorienbedarf	Faktor
2000 kcal/Tag	0,83
2400 kcal/Tag	1,0
3000 kcal/Tag	1,25
4000 kcal/Tag	1,67

Sport	Faktor
ja	1,1
nein	1,0

Zusammensetzung	Faktor
Fleischbetont	1,3
Mischkost	1,0
Fleischreduziert	0,8
Vegetarisch	0,7

Tiefkühlkost	Faktor
gelegentlich	1,0
1 – 3 Mal pro Woche	1,1
täglich	1,2

Einkaufsverhalten	Faktor
Supermarktsortiment	1,0
regionale Produkte	0,9

Quelle: LFU

Werte im LFU Rechner bewegen sich danach je nach Kalorienverbrauch und Ernährungsverhalten zwischen **0,59 t CO₂/a** und **3,25 t CO₂/a**.

6.1.2 Greenpeace – Der persönliche Klimatest

Greenpeace definiert fünf verschiedene Ernährungstypen und belegt jede mit einer bestimmten Menge an CO₂. Der Nutzer ordnet sich der Gruppe zu, die seinem Ernährungsverhalten am besten entspricht.

Tab. 22: Emissionen im Ernährungsbereich

Ernährung	t CO ₂ /a
rein vegetarisch, aus heimischem Anbau	0,3
vorwiegend vegetarisch, max. 1 x pro Woche Fleisch	0,6
3 – 4 x pro Woche Fleisch, vorwiegend heimische Produkte	1,2
täglich Fleisch, auch aus Massentierhaltung	1,8
sehr viel Fleisch und keine Rücksicht auf Saison und Herkunft	3,0

Quelle: Greenpeace 2004

6.1.3 Andere Rechner

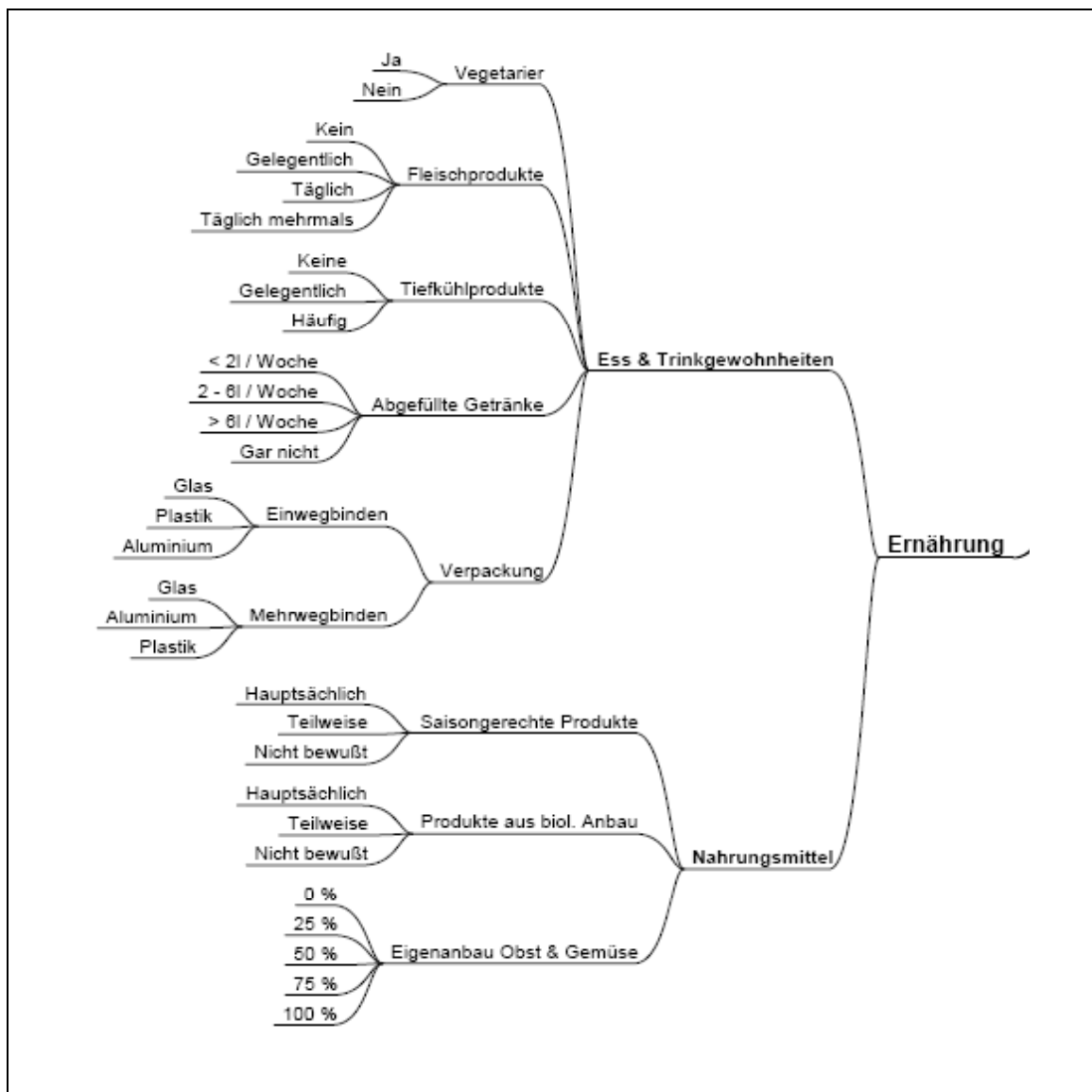
Der Rechner der FH Bielefeld lässt den Benutzer selbst schätzen und gibt nur allgemeine Hinweise wie sich das Verhalten auf den Emissionsausstoß auswirkt. Der untere Grenzwert liegt bei **0,7 t CO₂/a**, der obere bei **3,0 t CO₂/a**. Der Bundesdurchschnitt wird mit **1,5 t CO₂/a** angegeben.

Der Schweizer Rechner ECO2-privat unterscheidet in direkte und graue Energie bei der Ernährung. Beide Werte nehmen mit der Haushaltsgröße pro Person ab, da der Einkauf, die Lagerung und die Zubereitung für mehrere Personen gleichzeitig effizien-

ter ist. Die direkte Energie variiert zwischen 0,19 t CO₂ (1-Person Haushalt) und 0,14 (6-Personen Haushalt). Sie bleibt für jedes Ernährungs-Verhalten konstant. Insgesamt trägt die Ernährung im Durchschnitt mit **1,63 t** zur jährlichen Bilanz bei. Der Rechner generiert für einen 4-Personen Haushalt Werte zwischen **0,34** und **3,09 t CO₂/a** pro Person.

Der österreichische Rechner des „Forum Umweltbildung“ besitzt die größte Wahlmöglichkeit im Bereich Ernährung, wie der Ausschnitt der Mindmap zu erkennen gibt (Abb. 29). Der emissionsärmste Verbrauch verursacht insgesamt nur **0,1 t CO₂/a** (VegetarierIn, keine industriell gefertigten Nahrungsmittel, keine industriell abgefüllten Getränke, Mehrwegbinden aus Glas, hauptsächlich saisongerechte Produkte aus der Region, aus biologischem Anbau und 100% Obst und Gemüse aus Eigenanbau).

Abb. 29: Abfragemuster im Bereich Ernährung (Forum Umweltbildung Österreich)



Quelle: Eigene Darstellung

Das Maximum für den ökologisch ungünstigsten Fall liegt bei **1,9 t CO₂/a** (keine VegetarierIn, mehrmals täglich Fleisch, häufig industriell gefertigte Nahrungsmittel, mehr als 6 L/Woche industriell abgefüllte Getränke in Einwegbinden aus Aluminium, nicht bewusst saisongerechte Produkte, nicht bewusst Produkte aus biologischem Anbau und ohne Eigenproduktion). Der Durchschnitt aller TeilnehmerInnen beträgt am 13. November 2006 **1,0 t CO₂/a**.

6.2 Ernährung in der Forschung

Wie sich die Deutschen ernähren, untersucht das Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Verbraucherschutz gerade tiefgehend in der Nationalen Verzehrstudie II /BMELV 2007/. Dabei wird auch analysiert, welche Mengen an Nahrungsmitteln die Einwohner im Durchschnitt konsumieren. Die nachfolgende Tabelle vermittelt einen Eindruck des Lebensmittelverzehr in Deutschland im Jahr 2000.

Tab. 23: Nahrungsmittelverzehr in Deutschland

Nahrungsmittel	Verzehr [kg/(Kopf*a)]
Fleisch inkl. Wurstwaren	48,4
Kartoffeln inkl. Kartoffelprodukte	42,8
Gemüse	101,2
Obst	73
Fette	11
Zucker	6,1
Mehl und Nahrungsmittel	7,2
Brot & Backwaren	54,6
Teigwaren	5,5
Milchprodukte	130,5
Eier	7,8
Summe	488,1

Quelle: Wiegmann et al. 2005 (Projekt Ernährungswende)

Mehrere Wissenschaftler haben sich dem Themenkomplex Ernährung und Umwelt gewidmet und dazu verschiedene Ernährungstypen und zukünftige Szenarien entwickelt. Für den CO₂-Rechner sind vor allem Ergebnisse über Klimawirkungen von besonderem Interesse.

6.2.1 Wuppertal Institut

Überlegungen zur persönlichen CO₂-Bilanz betrachten den Entscheidungsspielraum eines Konsumenten zwischen den Extremen eines verschwenderischen und eines effi-

zienten Lebensstils. Für den Bereich Ernährung liegen die Angaben bei 0,5 Tonnen für den emissionsärmsten Haushalt und bei 2,1 Tonnen für den Umweltunbewussten /Barthel 2006/.

Angaben basieren eher auf geschätzten Werten. Der Mittelwert gleicht mit 1,5 t dem LfU-Rechner und den Angaben der FH Bielefeld.

6.2.2 Wissenschaftliche Zentrum für Umweltsystemforschung

Das Wissenschaftliche Zentrum für Umweltsystemforschung (WZU) an der Universität Kassel untersucht wie das Verhalten von Menschen die Umwelt beeinflusst. Innerhalb des Projekts „Gemeinschaftlich Nachhaltig“ wird die Umweltauswirkung des Ernährungsverhaltens in drei Lebensgemeinschaften und drei Familien analysiert.

Tab. 24: Testgruppen mit charakteristischen Merkmalen und Emissionsausstoß

	Testgruppe		Personen (Alter)	Merkmale der Ernährung	CO ₂ -Äqu. [t/cap/a]
KNK	Kommune	Niederkaufungen	54 Erw. 20 Kinder	Hauptsächlich Vegetarier, einige Veganer, 1x pro Woche Fleischangebot.	1,30
LGP	Lebensgut	Pommritz	20 Erw. 16 Kinder	Hauptsächlich Nahrungsmittel aus Eigenproduktion, 1 x pro Woche Fleisch, Einkauf von ausschließlich biologischen Produkten.	1,36
ÖSL (veg.)	Ökodorf Linden	Sieben	40 Erw. 12 Kinder	Alle gemeinschaftlichen Mahlzeiten sind vegan, da ein sich ein Großteil vegan ernährt. Teilweise Eigenproduktion, Einkauf von ausschließlich biologischen Produkten.	0,30
ÖSL (ges.)	(gesamt)				0,86
FE	Referenzfamilie E.		2 Erw. 3 Kinder (3,7,11)	Kleiner Gemüsegarten, 1 warme Mahlzeit pro Tag, überdurchschnittliches Umweltbewusstsein.	1,46
FK	Referenzfamilie K.		2 Erw. 2 Kinder	Vegetarische Ernährung, Kochen nur am Wochenende, einige Mahlzeiten werden außer Haus eingenommen.	1,41
FT	Referenzfamilie T.		2 Erw. 3 Kinder (7,19,21)	50 % Eigenproduktion von Obst und Gemüse, tägliches Kochen, hauptsächlich Konsum von Bioprodukten.	1,58
BRD	Nationale Statistik				1,84

Quelle: WZU 2004

Ziel der Studie war es aufzuzeigen, wie alternative Lebens- und Wirtschaftsweisen die Umwelt einer Region entlasten können und inwiefern einzelne Komponenten auf andere Regionen übertragbar sind. Dazu werden die ernährungsspezifischen CO₂-Äquivalente der entsprechenden Haushalte ermittelt und am Bundesdurchschnitt ge-

messen (**1,84 t CO₂/a**). Die unterschiedliche Personenzahl der Kommunen bzw. Haushalte und deren charakteristische Ernährung sind in Tab. 24 erfasst /WZU 2004/.

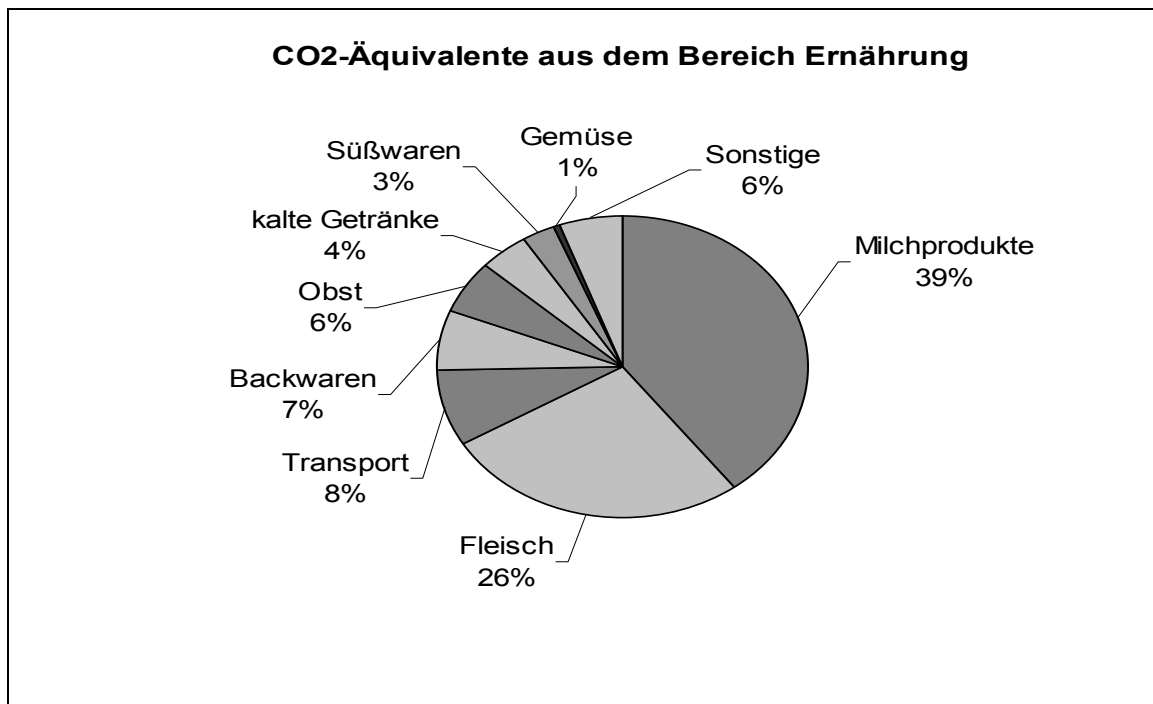
Da es sich um ökologisch bewusste Versuchspersonen handelt, liegen alle Testgruppen unter dem Bundesdurchschnitt.

Eine detaillierte Untersuchung zeigt, dass in allen Testgruppen mehr als die Hälfte der Emissionen auf Milchprodukte zurückzuführen sind.

Nur sehr stringente Ernährungsweisen wie im Ökodorf *Sieben Linden* liegen unter 1 Tonne CO₂-Äquivalente pro Person. Auch die Tatsache, dass ein Teil der Nahrungsmittel aus Eigenproduktion stammt, minimiert die Umwelteinwirkung durch Klimagase deutlich.

Für den deutschen Durchschnitt von etwa 1,8 t CO₂-Äquivalenten pro Person teilen sich die Produktgruppen Milchprodukte und Fleisch 65 Prozent der gesamten Emissionen.

Abb. 30: Emissionen nach Produktgruppen



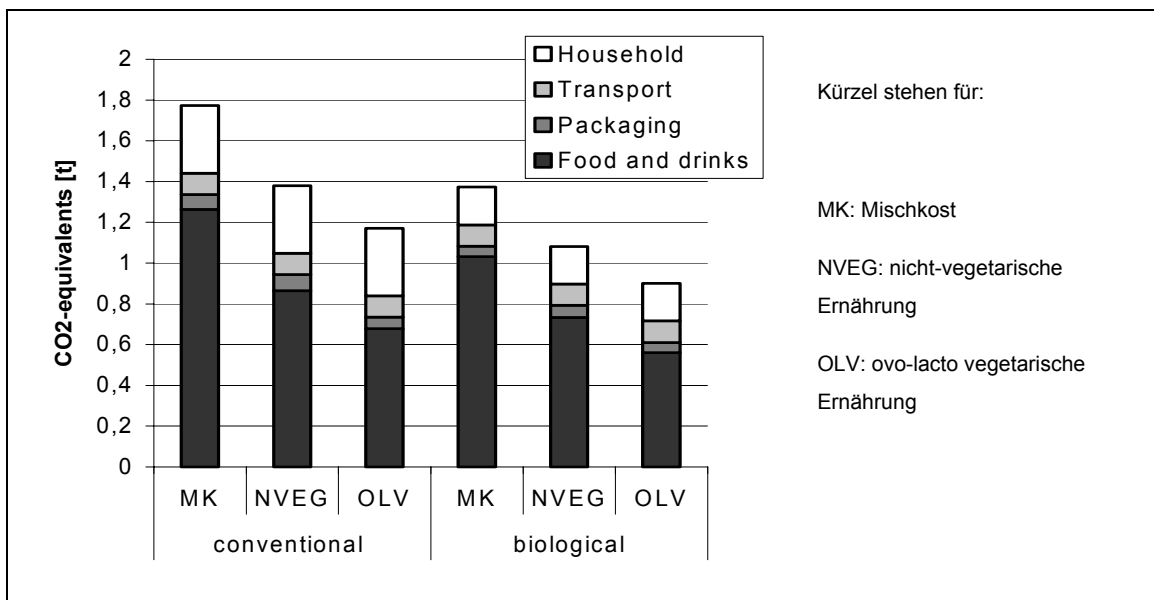
Quelle: WZU 2004

Für den Transport der Nahrungsmittel wurden in dieser Studie 150 kg pro Jahr veranschlagt. Für Produkte aus Übersee konnte allerdings nur der Schifftransport berücksichtigt werden, da Daten für den Flugverkehr nicht vorlagen.

6.2.3 Ökologische Bewertung von Ernährungsweisen

C.Taylor wendet sich in ihrer Dissertation dem Thema „Ökologische Bewertung von Ernährungsweisen anhand ausgewählter Indikatoren“ zu. Die Arbeit analysiert das Einsparpotential von CO₂-Emissionen aufgrund einer Änderung des Konsumverhaltens im Bereich Ernährung. Dabei werden die Ernährungsweisen Mischkost, Nicht-Vegetarisch und Ovo-lacto-vegetarisch miteinander verglichen. Jeder dieser Ernährungstypen erscheint in seiner konventionellen und einer ökologisch bewussten Form. Die Bilanzierung von Nahrungsmitteln berücksichtigt die landwirtschaftliche Erzeugung, Lebensmittelverarbeitung, Verpackung, Transport, sowie die Haushaltsphase (Kochen, Kühlen) /Taylor 2000/. Abb. 31 veranschaulicht Taylors Ergebnisse für ernährungstyp-spezifische Emissionen:

Abb. 31: CO₂-Äquivalente pro Jahr für ausgewählte Ernährungstypen



Quelle: Taylor 2000

Etwa 27% der Emissionen fallen in der Haushaltsphase an (Abb. 31 „Household“), die bei einem CO₂-Rechner unter der Kategorie ‚Stromverbrauch‘ bereits in der Rechnung enthalten sind.

Ohne diesen Anteil sieht die Bilanz folgendermaßen aus:

Tab. 25: Ergebnisse der Ernährungstypen ohne Haushaltsphase

	Konventionell			Ökoprodukte		
Ernährung	MK	NVEG	OLV	MK	NVEG	OLV
CO ₂ -Äqu. [t/cap/a]	1,44	1,05	0,84	1,19	0,90	0,72

Quelle: Taylor 2000

Die Studie zeigt, dass der Umstieg einer Ernährung mit Fleisch auf eine Ernährung mit wenig Fleisch größere Einsparpotentiale birgt, als die Verhaltensänderung von konven-

tionellen zu Ökoprodukten. Die maximale Einsparung von 50 Prozent wird nur durch einen Verzicht auf Fleischprodukte und eine Umstellung auf Ökoprodukten erreicht.

6.2.4 Ernährungswende

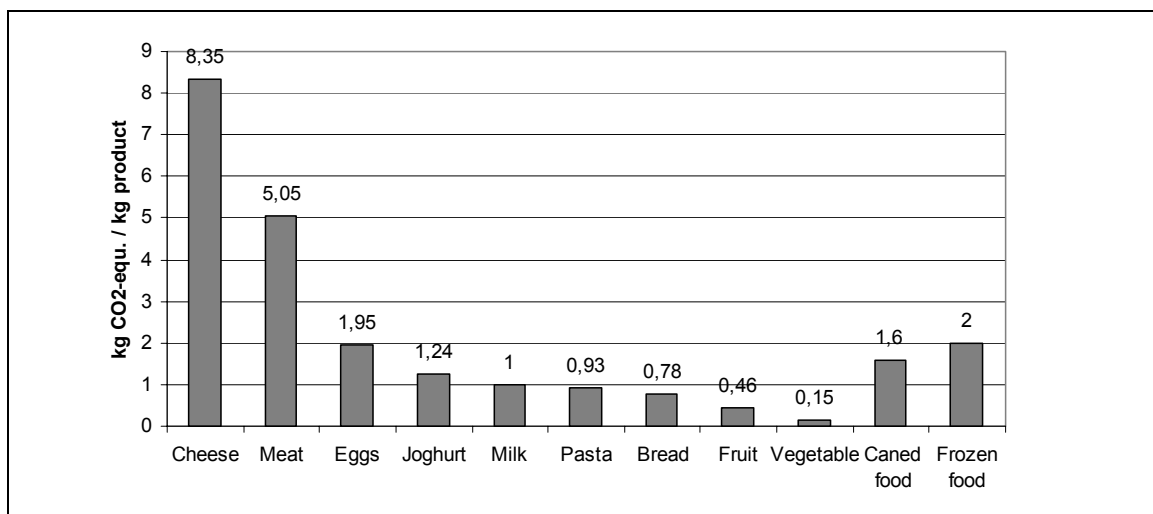
Im Rahmen des Projekts „Ernährungswende“, das vom BMBF gefördert wird, untersuchen Wissenschaftler die Umweltauswirkungen von Ernährung. Anhand der Ökobilanz-Methode werden Umweltauswirkungen von Ernährung aus der Perspektive der Konsumenten erörtert. Als funktionelle Einheit dient der durchschnittliche jährliche Lebensmittelverbrauch eines Haushaltes, unterschieden in die beiden Kategorien Inner-Haus-Verzehr (IHV) und Außer-Haus-Verzehr (AHV) /Wiegmann et al. 2005/.

Erfasst werden bei der Analyse neben der Umweltbelastung durch die Bereitstellung (Landwirtschaftliche Produktion industrielle Weiterverarbeitung, Handel mit Lagerung, Transport) auch der restliche Lebenszyklus im Haushalt (Einkaufsfahrten, Zubereitung, Verzehr, Abwasch). Die Eigenproduktion von Obst und Gemüse ist danach in Deutschland zu vernachlässigen.

Der typische deutsche Haushalt (2000) verursacht laut dieser Studie Treibhausemissionen in Höhe von 4.360 kg. Diese verteilen sich zu 45% auf Produktion, 52% auf den Verbrauch im Haus (Elektrizität, Raumwärme) und 3% auf Einkaufsfahrten. Nimmt man lediglich Emissionen für die Bereitstellung in Höhe von 45%, liegt das Ergebnis bei **1,96 t CO₂/a**.

Die CO₂-Äquivalente für einzelne Nahrungsmittelgruppen betonen den hohen Anteil der Emissionen aus Fleisch und Milchprodukten. Die Landwirtschaft trägt vor allem durch einen beträchtlichen Ausstoß an Methan und Lachgas zur Klimaerwärmung bei.

Abb. 32: CO₂-Äquivalente ausgewählter Nahrungsmittel

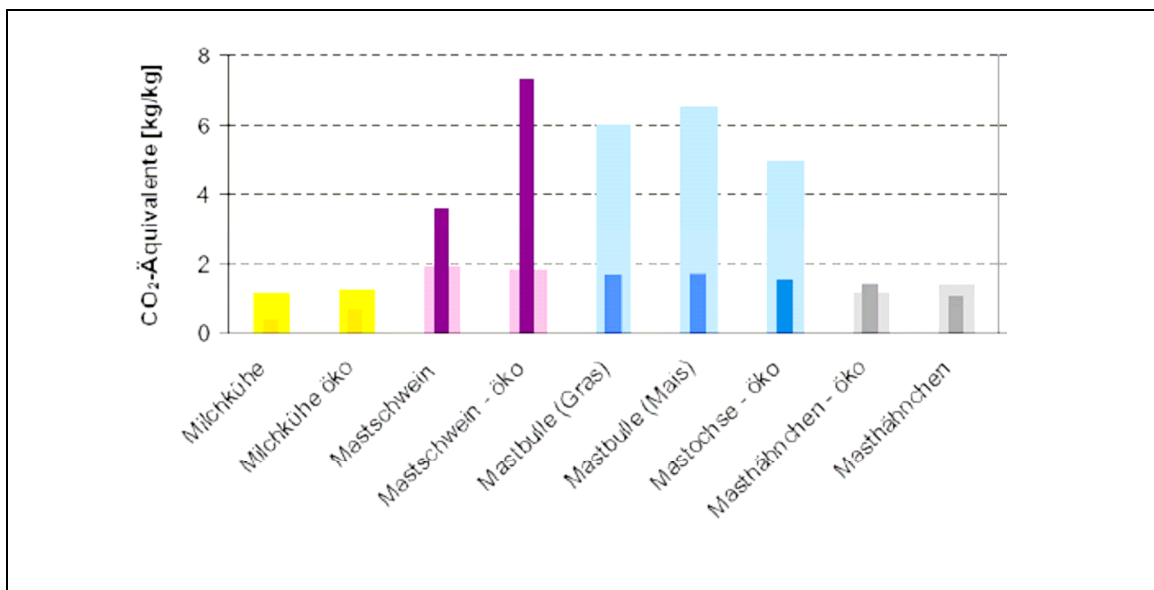


Quelle: Wiegmann et al. 2005

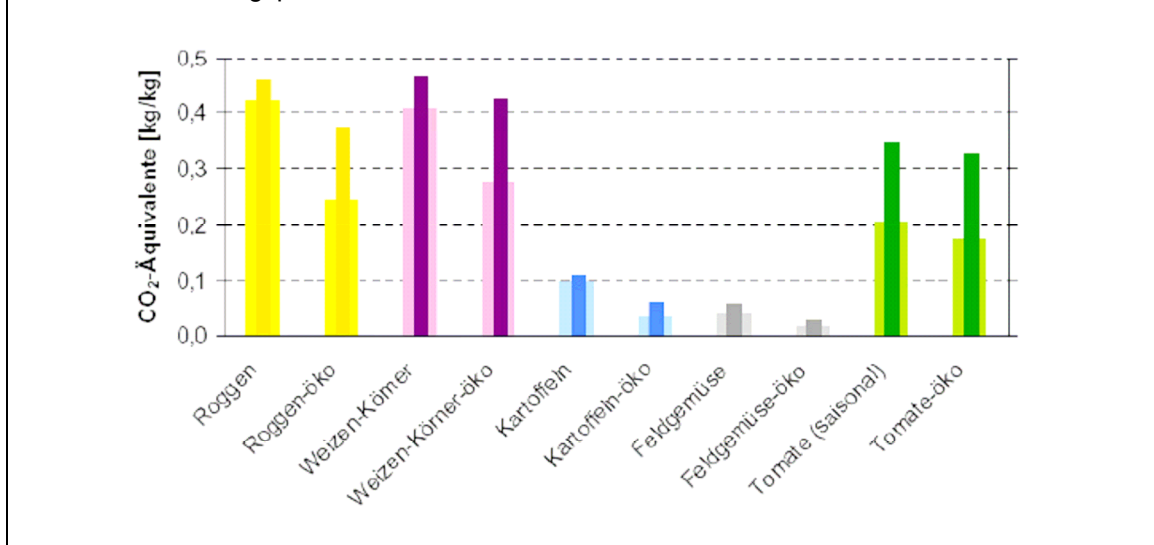
Der Vergleich von ökologischer zu konventioneller Landwirtschaft zeigt relativ geringe Auswirkung für die CO₂-Bilanz bei der Tierhaltung. Nur der ökologisch gefütterte Mastochse führt tatsächlich zu geringeren Emissionen. In Abb. 33 stehen jeweils die dicken Balken für den CO₂-Ausstoß, die dünnen Balken beziehen sich auf das Versauerungspotential.

Innerhalb der Produktion von Getreide und Gemüse spielt die Anbauweise eine signifikante Rolle. Der ökologische Anbau von Roggen- und Weizenkörner spart in etwa ein Drittel der Emissionen pro kg Produkt ein.

Abb. 33: Vergleich Produktion konventionell / ökologisch



Hinweis: Die breiten Balken repräsentieren den CO₂-Ausstoß, die dünnen Balken beziehen sich auf das Versauerungspotential.



Quelle: Wiegmann et al.2005

Im zweiten Teil der Studie untersuchte das ISOE anhand einer repräsentativen Umfrage, welche Ernährungsstile in den deutschen Haushalten vorkommen. Sie unterschieden dabei 7 verschiedene Typen:

Tab. 26: Ernährungstypen und ihr CO₂-Ausstoß

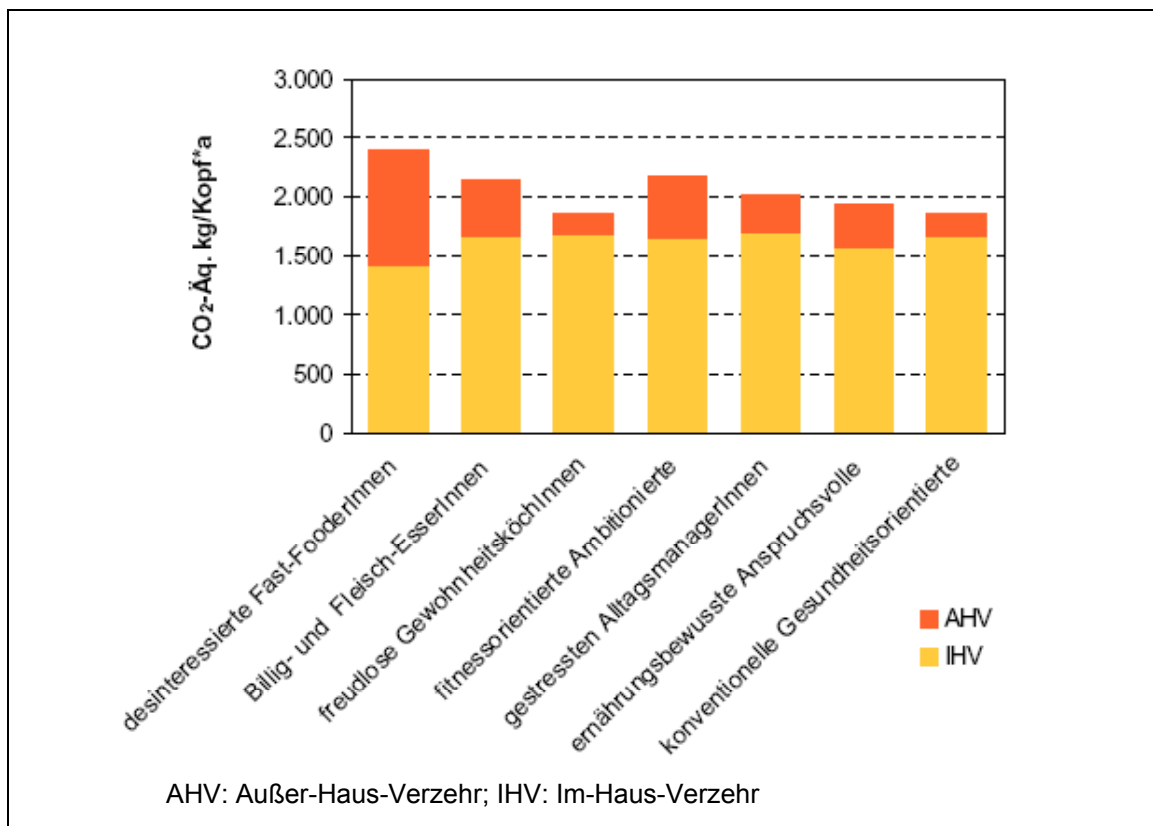
Ernährungstyp	Beschreibung	t CO ₂ /P/a
Desinteressierte Fast-FooderIn	keine festen Essensrhythmen, häufig Mahlzeiten außer Haus, kaum frisches Obst und Gemüse, viel Fleisch	2,4
Billig- und FleischesserIn	Ernährung soll preiswert und unkompliziert sein, häufige Verwendung von Fertiggerichten, regelmäßige Mahlzeiten außer Haus, fleischbetonte Ernährung mit wenig frischem Obst und Gemüse	2,15
Freudlose Gewohnheitsköchin	fest verankerte Ernährungsgewohnheiten, selten Mahlzeiten außer Haus, gering ausgeprägtes Interesse an Ernährung	1,85
Fitnessorientierte Ambitionierte	hochwertige und disziplinierte Ernährung, Bio-Lebensmittel und funktional food spielen eine große Rolle, Kochen am Wochenende, regelmäßig Mahlzeiten außer Haus	2,2
Gestresste AlltagsmanagerIn	gesundheitsfördernde abwechslungsreiche Ernährung steht im Vordergrund, Spagat zwischen hohen Ansprüchen an Ernährung und kräftezehrenden Anforderungen des familiären und beruflichen Alltags	2,0
Ernährungsbewusste Anspruchsvolle	Qualität, Frische, Rationalität und Naturbelassenheit sind wichtig, Bio-Lebensmittel haben hohen Stellenwert, viel Obst und Gemüse, wenig Fleisch	1,95
Konventionelle Gesundheitsorientierte	Freude am Einkaufen, Kochen und Essen, der Anspruch weniger Süßes und Fleisch zu kaufen, kann oft im Alltag nicht durchgesetzt werden	1,85

Quelle: Wiegmann et al. 2005, Emissionswerte basieren auf Abb. 34.

Jedem dieser Typen liegt ein bestimmter Warenkorb zugrunde, dessen Umweltwirkungen anhand der erfassten Stoffstromdaten in die Einheit CO₂- Äquivalent pro Person umgerechnet werden konnten. Die Graphik zeigt die Treibhausgasemissionen der Ernährungsstile und verdeutlicht außerdem die Relevanz des Außer-Haus-Verzehrs (AHV). Die Typen desinteressierte Fast-Fooderin, Billig- und Fleischesserin sowie die fitnessorientierte Ambitionierte mit dem höchsten Außer-Haus-Anteil weisen auch insgesamt die meisten Emissionen auf (vgl. Tab. 26).

ISOE unterscheidet für die Auswertung der Typen weiterhin nach kalten und warmen Mahlzeiten, Fertigprodukten oder Selbstgekochten Mahlzeiten sowie dem Anteil von Ökoprodukten.

Abb. 34: Treibhausgasemissionen durch die Ernährungsstile



Quelle: Wiegmann et al. 2005

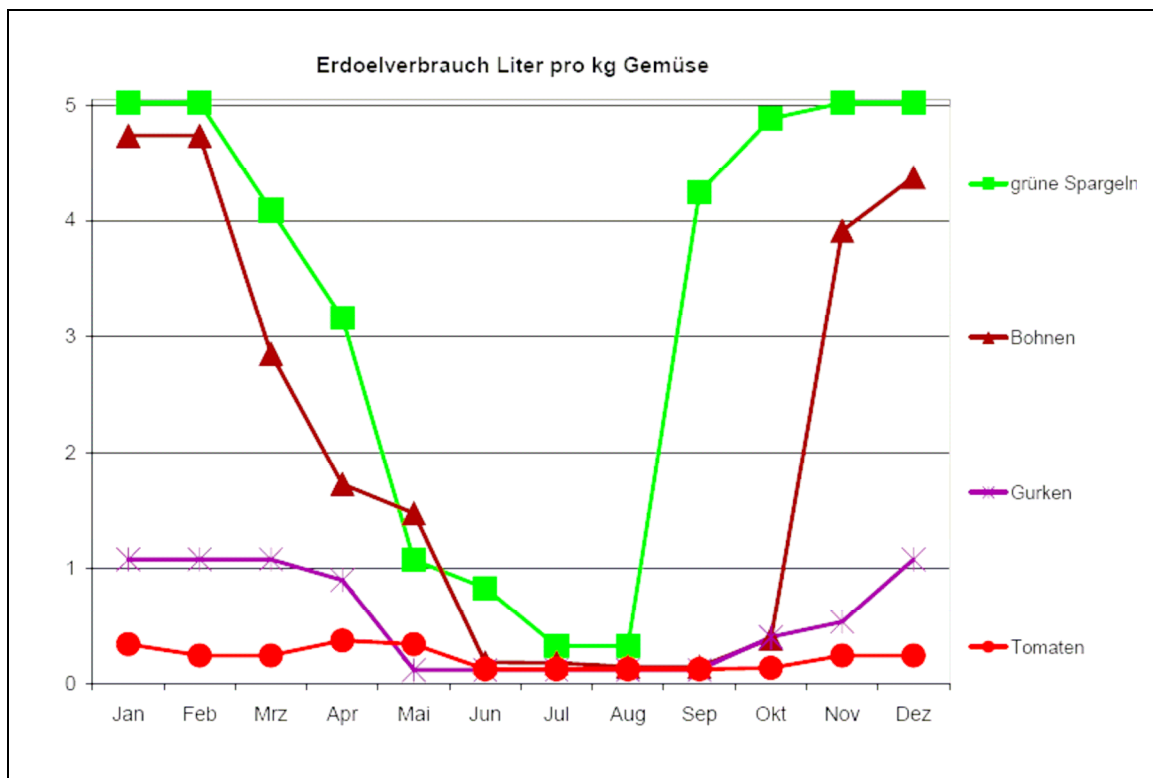
6.2.5 Umweltfolgen des Nahrungsmittelkonsums

Eine weitere Dissertation befasst sich mit dem Thema Ernährung und Umwelt und analysiert, welchen Einfluss das Ernährungsverhalten des Konsumenten auf die Umwelt hat (Jungbluth 2000). Auch Jungbluth unterscheidet Konsumenten nach verschiedenen Ernährungsstilen und untersucht diese auf ihre ökologischen Folgen. Mit Hilfe der Methode Eco-indicator 95+ bewertet er die Konsumtypen Musterökologe, lückenhaft Umweltbewusste, wenig umweltbewusster Regio-Fan, label-sensible Supermarktkundin, tiergerechter Supermarktkunde und zeitknappe Antiökologin.

Die gewählte Methode gruppiert Schadstoffe in verschiedene Wirkungskategorien, die für die Umwelt und die menschliche Gesundheit von Relevanz sind. Dazu gehören u.a. der Ozonabbau in der Stratosphäre, Schwermetalle, Treibhauseffekt oder die Übersäuerung der Böden. Jede dieser Wirkungen fließt mit einem Gewichtungsfaktor in die Rechnung ein, der die Gefährdung der Schutzgüter (Ökosystem, menschliches Leben) ausdrückt. Jungbluth leitet aus seinen Ergebnissen Handlungsanweisungen für den Konsumenten ab.

Für den Rechner sind vor allem Forschungsergebnisse zu Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen von Bedeutung. Erstaunlicherweise macht z.B. die Verpackung nur einen sehr kleinen Anteil der Umweltbelastung aus. Wichtiger ist es beim Einkauf auf die Herkunft der Produkte zu achten. Für den Transport von eingeflogenem Gemüse wird durchschnittlich 48x mehr Erdöl als bei Gemüse aus der Region verbraucht /WWF 2000/. Der Flugtransport aus Übersee schlägt mit 4-5 Litern Erdöl pro Kilogramm Obst oder Gemüse zu Buche. Die Menge an Treibstoff kann mittels entsprechender Faktoren in Emissionen umgerechnet werden. Eingeflogenes Obst oder Gemüse aus tropischen Klimaregionen verursacht leicht 10 kg CO₂ pro kg Nahrungsmittel /BdE 2006, Jacobs, Neller 2007/.

Abb. 35: Erdölverbrauch für den Einkauf von Gemüse zu verschiedenen Jahreszeiten (Herstellung und Transport)



Quelle: Jungbluth, Faist 2002

Gemüse, das im beheizten Treibhaus wächst, trägt ungefähr zehnmal mehr zur Klimaerwärmung bei, als ein saisonales Produkt. Für die Produktion und Vertrieb eines Kilogramms Gemüse aus dem Treibhaus wird zwischen 0,5 und 1 Liter Erdöl benötigt, während ein Freilandprodukt 0,1 – 0,3 Liter erfordert. Eine Übersicht für Emissionen aus dem Nahrungsmitteltransport findet sich im Anhang.

Als Verbraucherinformation für Gemüse allgemein gilt, weniger Tiefkühlkost, dafür mehr regionale Produkte und mehr biologische Ware. Beim Fleischkauf sollte der Kunde auf biologische Herstellung, Frischfleisch und regionale Hersteller Wert legen.

In einer weiterführenden Publikation findet man einen durchschnittlichen Energieverbrauch von 2400 MJ pro Person und Monat. Zwei Drittel dieser Energie fallen während der Produktion, Weiterverarbeitung und Transport an. Im Jahr errechnet sich daraus ein Energieverbrauch von 5300 kWh. Dieselbe Menge Energie steckt in etwa 600 Liter Heizöl, die bei der Verbrennung **1,36 Tonnen CO₂** freisetzen /Jungbluth, Faist 2002/.

Eine Studie, die sich mit Potentialen für eine Reduktion der Umweltbelastungen u.a. im Bereich Ernährung beschäftigt, kommt zu dem Ergebnis, der Anteil der Ernährung an den Gesamtemissionen in der Schweiz bei 13 Prozent liegt. Jeder Schweizer Bundesbürger verursacht durch sein Ernährungsverhalten im Schnitt **1,69 Tonnen**. Die Einsparpotentiale im Bereich Ernährung werden in der folgenden Größenordnung geschätzt:

Tab. 27: Emissions-Einsparpotentiale (CO₂-Äqu.) im Bereich Ernährung

	Reduktionspotenzial [%]	Anmerkung
regionaler Einkauf	- 1,1	Verzicht auf Produkte, die mit dem Flugzeug portiert wurden
saisonaler Einkauf	- 5,0	Verzicht auf Gewächshausgemüse
Ernährung vegan	- 30	Verzicht auf Fleisch- und Milchprodukte
Ernährung vegetarisch	- 26	Verzicht auf Fleischprodukte
Ernährung fleischreduziert	- 5,5	Reduktion des Fleischkonsums um 20 %, 2 x pro Woche vegetarisch (Kramer 2000)
Ökoprodukte	- 6,0	100 % Bio und zusätzliche Transporte (da die Fläche im Land nicht ausreicht)
Gesamt	- 40,0	Vegane Ernährung, kein Gewächshausgemüse und weniger Transporte

Quelle: Jungbluth et al. 2004

Die Handlungsoptionen ähneln dem Abfragemuster des LFU-Rechners und kommen für eine Weiterentwicklung des Tools in Frage.

6.2.6 Ressourceneffizienz in der Aktivität Ernähren

M. Faist behandelt in ihrer Dissertation den Ressourcenverbrauch und mögliche Einsparungen durch Verhaltensänderungen. Dazu analysiert sie die Ernährungssituation in einer Region und entwickelt auf dieser Grundlage potentielle Effizienzsteigerungen. Alle Daten beziehen sich auf die verwendete Primärenergie pro kg Ware [MJ/kg].

Anhand einer Stoffstromanalyse werden die einzelnen Prozesse ausgewertet, wobei auch hier der Transport von der Filiale zum Haushalt und Energie für Kühlen und Ko-

chen im Haushalt in der Berechnung enthalten sind. Nach der Auswertung, verteilt sich der Primärenergiebedarf für Lebensmittel zu 31% auf Landwirtschaft, 35% auf industrielle Prozesse und 27% auf die Haushalte. Vor allem Fleisch und Milchprodukte tragen wesentlich zum Energieverbrauch bei.

Ansätze für eine ressourceneffiziente Ernährung umfassen die Szenarien biologischer Landbau, reduzierter Fleisch –und Milchkonsum sowie Verbesserungen der Energieeffizienz im Haushalt. Im Fall biologischer Landbau verringert sich der Energiebedarf um lediglich 4%, ebenso wie durch den Verzicht auf Fleischwaren. Allein die vollständige Abkehr von Fleisch- und Milchprodukten birgt ein Sparpotential von 25% der Primärenergie. Der geringe Rückgang der Emissionen durch eine vegetarische Ernährung beruht auf der Tatsache, dass auch für Milchprodukte ein Großteil der landwirtschaftlichen Produktion für die Herstellung von Futtermitteln sowie der Bau und Betrieb von Tierställen notwendig ist.

6.3 Zusammenfassung Ernährung

Aus der Gegenüberstellung der Daten zum Bereich Ernährung aus vorhandenen CO₂-Rechnern und wissenschaftlichen Arbeiten wird sehr schnell deutlich, dass der Durchschnitt zwischen 1,5 und 2 t CO₂/a pro Person liegt. Nur sehr ambitionierte Haushalte, die nach strikten ökologischen Maßstäben handeln, können es schaffen den Emissionsausstoß unter 1 t zu drücken. Im LFU-Rechner liegt das Maximum bei ca. 3,25 t CO₂.

Tab. 28: Ergebnisübersicht Rechner

Rechner	[t CO ₂ -Äqu./cap/a]	Kommentar
LFU	1,5 0,59 – 3,25	nationaler Durchschnitt
Greenpeace	1,8 0,3 – 3,0	in etwa nationaler Durchschnitt
FH Bielefeld	1,5 0,7 – 3,0	nationaler Durchschnitt
ECO2-privat	1,36 0,34 – 3,09	Schweizer Durchschnitt 4 Personen Haushalt
Forum Umweltbildung Österreich	k.A. 0,1 – 1,9	Durchschnitt Österreich

Tab. 29: Ergebnisübersicht wissenschaftliche Arbeiten

Quelle	[t CO ₂ -Äqu./cap/a]	Kommentar
--------	---------------------------------	-----------

Wuppertal Institut (Barthel) 2006	1,5 0,3 – 2,1	europ. Durchschnitt
Taylor 2000	0,84 – 1,44 0,72 – 1,19	Herkömmliche Produkte Bioprodukte
WZU 2004	1,84 0,3 – 1,58	nationaler Durchschnitt Fallbeispiele
Wiegmann et al. 2005	1,96 1,85 – 2,4 1,77	nationaler Durchschnitt Ernährungsstile gewichteter Durchschnitt der Stile
Faist 2000	1,36 1,3 1,02	Abgeleitet aus dem Energieverbrauch in MJ ökologischer Anbau: 4 % Einsparung Verzicht auf Fleisch- und Milchprodukte: 25 % Einsparung
Jungbluth et al. 2004	1,69	Schweizer Durchschnitt
StBA, Umweltökonomische Gesamtrechnung 2006	1,62	Beinhaltet die Produktion aus der Landwirtschaft, Fische und Fischereierzeugnisse, sowie Emissionen aus der Nahrungs- und Futtermittelindustrie.

Wie die betrachteten Studien zeigen, ist der Verzehr von Fleisch- und tierischen Produkten für die Emissionsbilanz ausschlaggebend. Allerdings wird der Einspareffekt unterschiedlich beurteilt. Die Klimawirkung von Fleisch- und Milchprodukten hängt wesentlich davon ab, wie Emissionen den verschiedenen Produkten eines Tieres zugeordnet werden und durch welche Produkte sie ersetzt werden. Hier unterscheiden sich die verwendeten Allokationsmethoden der Wissenschaftler.

Für die Datenabfrage eines Rechners gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten. Entweder der Nutzer beantwortet verschiedene Fragen bezüglich seines Ernährungsverhaltens, ähnlich des LFU-Rechners, z.B. Prozent der ökologischen, regionalen, und saisonalen Produkte. Hinter den Angaben stecken dann Faktoren, welche die persönlichen Emissionen im Vergleich zum Durchschnitt anpassen (vermindern bzw. verstärken).

Eine zweite Möglichkeit wäre die Entwicklung von verschiedenen Ernährungstypen, die sich an die Ernährungsstile des ISOE anlehnen. Der Nutzer könnte sich dann selbst einordnen, wobei jedem Ernährungsstil ein bestimmter Emissionsausstoß zugrunde liegt. Die Bezeichnungen der einzelnen Stile sind für einen Rechner noch ungeeignet. Außerdem fehlen die besonders umweltbewussten Haushalte. Mit Hilfe kleiner Anpassungen ist ein Typenmodell jedoch ebenfalls denkbar.

Letztendlich muss die Art der Eingabe zum gesamten Konzept des Rechners passen. Für technisch-wissenschaftliche Ansätze empfiehlt sich eher die Verwendung von Faktoren, während die spielerische Variante durchaus mit Ernährungstypen auskommt.

Message

Im Rahmen des Tools soll der Nutzer konkrete Handlungsempfehlungen bekommen, wie er seine Ernährung möglichst CO₂-arm gestalten kann und dabei auch für die Gesundheit positive Nebeneffekte erzielt. Insbesondere soll nicht der Eindruck entstehen, dass Diäten oder weniger Sport der richtige Beitrag zum Klimaschutz wären.

Handlungsanweisungen konzentrieren sich deshalb auf den Lebensmitteleinkauf und den Verzicht auf übermäßigen Fleischkonsum. Weil Kaufentscheidungen im Supermarkt innerhalb von Sekunden fallen, sind eindeutige Kriterien notwendig, die bei der Produktauswahl schnell überprüft werden können. Die betrachteten Studien zeigen auf, welche Maßnahmen für die CO₂-Bilanz besonders wirksam sind:

1. Indirekten Energieverbrauch reduzieren

- Keine frischen Nahrungsmittel kaufen, die möglicherweise mit dem Flugzeug aus Übersee oder dem europäischen Ausland importiert wurden. Anstatt dessen sollte man auf **regionale Produkte** Wert legen, dabei weniger Transportemissionen in Kauf nehmen und regionale Wertschöpfungsketten unterstützen.
- Lieber **saisonales Gemüse** kaufen, als solches, das im Treibhaus unter großem Energieeinsatz produziert wurde.
- Mehr **frische Produkte** als Tiefgekühltes.

2. Ökologisch verträgliche Verbrauchsmuster fördern

- Weniger, aber dafür besseres Fleisch konsumieren. Insgesamt wirkt sich ein Ersatz von Fleisch und anderen Tierprodukte mit Getreideprodukten, Früchten und Gemüse positiv auf die Emissionsbilanz aus.
- Für den Einkauf nachhaltige Verkehrsmittel nutzen (ÖPNV, Fahrrad, Car-Sharing)
- Möglichst wenige Mahlzeiten im Restaurant einnehmen, da die speziell gefertigten Mahlzeiten in kleinen Mengen besonders viel Energie benötigen.

3. Ökologisch verträgliche Produktionsmuster fördern:

- Auf ökologische Herstellung achten, weil damit vor allem der Einsatz von künstlichem Dünger reduziert wird. In der Emissionsbilanz wirkt sich dieser Aspekt nur schwach aus, in der Gesamtökobilanz spielt er eine große Rolle.

4. Direkten Energieverbrauch reduzieren (im Haushalt) / optimieren

- effiziente Haushaltsgeräte einsetzen (auf Energieklasse achten)
- energiebewusstes Kochen: Schnellkochtöpfe, geschlossene Topfdeckel, Vorheizen vermeiden, unnötige Stand-by Verluste vermeiden
- Auf Ökostrom umsteigen

Recherche CO₂-Bilanz des Bürgers - KONSUM

7 Bereich Konsum / CO₂-Rechner

7.1 Privater Konsum

7.1.1 Rechnervergleich

Der direkte Energieverbrauch und damit verbundene Emissionen der Haushalte sind über die verbrauchte Menge an Energieträgern im Bereich Wohnen und Individualverkehr relativ leicht zu bemessen. Im Bereich Konsum wird eine exakte Aufzeichnung schwierig, da hauptsächlich der indirekte Energieverbrauch während der Herstellung eines Produkts für die persönliche Bilanz eine Rolle spielt. Der indirekte Energieverbrauch umfasst die Energiemenge, die während des gesamten Produktionsprozesses im In- und Ausland für ein bestimmtes Konsumgut verwendet wurde. Der Energieverbrauch ist wiederum hauptsächlich für die Emission von Treibhausgasen verantwortlich.

Aufgrund dieser methodischen Schwierigkeiten vernachlässigen viele Bilanzierungstools den Bereich Konsum. Im Folgenden werden die Ansätze der verfügbaren Rechner untersucht.

- FH Bielefeld
- Ecospeed
- LFU
- Proclim

7.1.1.1 LFU

Die Abfrage im Bereich Konsum umfasst vier Kategorien, mit jeweils drei unterschiedlichen Antwortmöglichkeiten. Der Nutzer schätzt sein Kaufverhalten ein, gibt sein vorwiegendes Kaufkriterium an, wie oft er auswärts isst und wie viel Zeit er jährlich im Hotel verbringt. Der Ausgangswert für Konsum wird dabei mit den folgenden Faktoren aus der Tabelle multipliziert:

Kaufverhalten	Faktor
sparsam	0,95
durchschnittlich	1,0
großzügig	1,05

Auswärts Essen	Faktor
selten	0,9
regelmäßig	1,0
häufig	1,21

Kaufkriterien	Faktor
Langlebigkeit	0,95
Funktionalität	1,0
günstiger Preis	1,05

Hotelübernachtung	Faktor
< 2 Wochen / Jahr	0,9
2 – 4 Wochen / Jahr	1,0
> 4 Wochen / Jahr	1,3

Quelle: Eigene Berechnungen mit LFU

Allerdings nehmen versteckt auch andere Angaben auf den Emissionsausstoß Einfluss. Die Haushaltsgröße (1 bis 6 Personen), der Besitz eines PKW als Indiz für das Haushaltseinkommen sowie Flüge, Wohnfläche und Haustyp als Kriterium für die Größenordnung des Konsums lassen das Ergebnis variieren. Die zugehörigen Faktoren lassen erhebliche Spielräume zu:

- Haustyp: 1 – 1,5
- Haushaltsgröße: 0,6 – 1,1
- Flüge: 1 – 1,8 (je nach Anzahl und Strecke)
- Autobesitz: 0,6 – 1,3 (Wer zwei Oberklasse-Autos besitzt bekommt sogar einen Aufschlag mit dem Faktor 1,6)

Der Bundesdurchschnitt ist mittlerweile mit **2,7 t CO₂/a** angegeben, in früheren Versionen lag er noch bei 2,4 t. Die Gestalter des Programms ermittelten dafür den durchschnittlichen Energieverbrauch von 42,3 GJ pro Jahr. Die Umrechnung in CO₂-Emissionen erfolgt laut Unterlagen mit der Formel:

$$\text{CO}_2 = \text{CO}_2\text{-Durchschnitt} \times F_{\text{Übernachtung}} \times F_{\text{Haushaltsgröße}} \times F_{\text{Autobesitz}} \times F_{\text{Flüge}} \times F_{\text{Haustyp}} \quad [\text{t/pers/a}]$$

Der Rechner nimmt also einen Bezugswert und belegt abweichendes Verhalten und Besitz mit Faktoren, die diesen Wert abschwächen oder vergrößern.

FH Bielefeld

Der Rechner der FH Bielefeld benutzt wie schon bei der Ernährung ein Schätzverfahren, indem sich der Nutzer zwischen **1 und 5 t CO₂/a** einordnen muss. Der Durchschnitt beträgt laut FH Bielefeld **2,3 t** pro Bundesbürger pro Jahr.

7.1.1.2 Schweizer Modelle für CO₂-Rechner

Greenpeace Schweiz und der Verkehrs-Club Schweiz entwickelten 1992 ein Modell für die Bestimmung des privaten Energieverbrauchs und des CO₂-Ausstoßes /Aktion Klima 1992/. Die Aufteilung zwischen privatem und öffentlichem Konsum erfolgte über das Budget der öffentlichen Ausgaben. Die Ausgaben des Bundes, der Kantone und Gemeinden für Schule Verwaltung, Regierung, Militär etc. gehörten in die Kategorie öffentlicher Konsum, während Kultur, Sport, Verkehr, Energie und Landwirtschaft der Privatperson zugerechnet wurden. Energieverbrauch und Emissionen aus dem öffentlichen Konsum werden gleichmäßig auf alle Einwohner der Schweiz verteilt. Danach verursachen staatliche Aktivitäten pro Bürger und Jahr etwa 1 t.

Die Ausgaben der privaten Haushalte unterschieden sich wiederum in sechs Energieintensitäts-Klassen. Grundlage für die Höhe der Konsumausgaben ist eine Verbrauchserhebung aus dem Jahr 1990. Die Umrechnung in CO₂-Emissionen erfolgte über den Faktor 0,15 kg CO₂/kWh. Der Nutzer gibt an, wie viel Geld er jährlich für bestimmte Konsumgüter ausgibt. Der Schweizer Durchschnitt liegt 1992 bei **2,26 t CO₂** pro Einwohner und Jahr.

Tab. 30: Zusammenhang zwischen Energieintensität und CO₂-Ausstoß nach Produktgruppen

Produkte	Energieintensität [kWh/Fr.]	CO ₂ -Ausstoß [CO ₂ /kWh] bzw. [CO ₂ /Fr.]
AHV/IV/EO, PK, ALV (Versicherungen)	0,125	0,01875
Lebensversicherung, Spenden, Schenkungen, Bußen, Spieleinsätze, Sparen		
Krankenkassen- und Unfallversicherungsprämien, Zahnarztkosten, Medikamente, Selbstbehalt	0,5	0,075
Frisör, Schönheitspflege		
div. Versicherungen		
Schmuck, Uhren		
Schulgebühren, Vereinsbeiträge		
Diverse Dienstleistungen, Reparaturen	1,0	0,15
Wein Spirituosen, Tabakwaren	1,5	0,225
Hotels, Pensionen, Camping, etc.		
Kleider und Schuhe	2,0	0,30
Möbel und Teppiche		
Bettwäsche, Tischwäsche, Badetücher, Vorhänge, Geschirr, Haushaltsgeräte		
Radio, TV, Video, Foto, Musikinstrumente, PC, Büromaschinen, Ton- und Bildträger, Software		
Waschen, Reinigen, Toilettenartikel		
Kino, Theater, Sportveranstaltungen, Sport – und Freizeitaktivitäten		
Sportartikel, Spielwaren, Pflanzen, Gartenpflege und Gartengeräte, Haustiere, Nahrung, Tierarzt		
Diverse Waren, Telefon- und Postgebühren		
Zeitungen, Zeitschriften, Bücher		

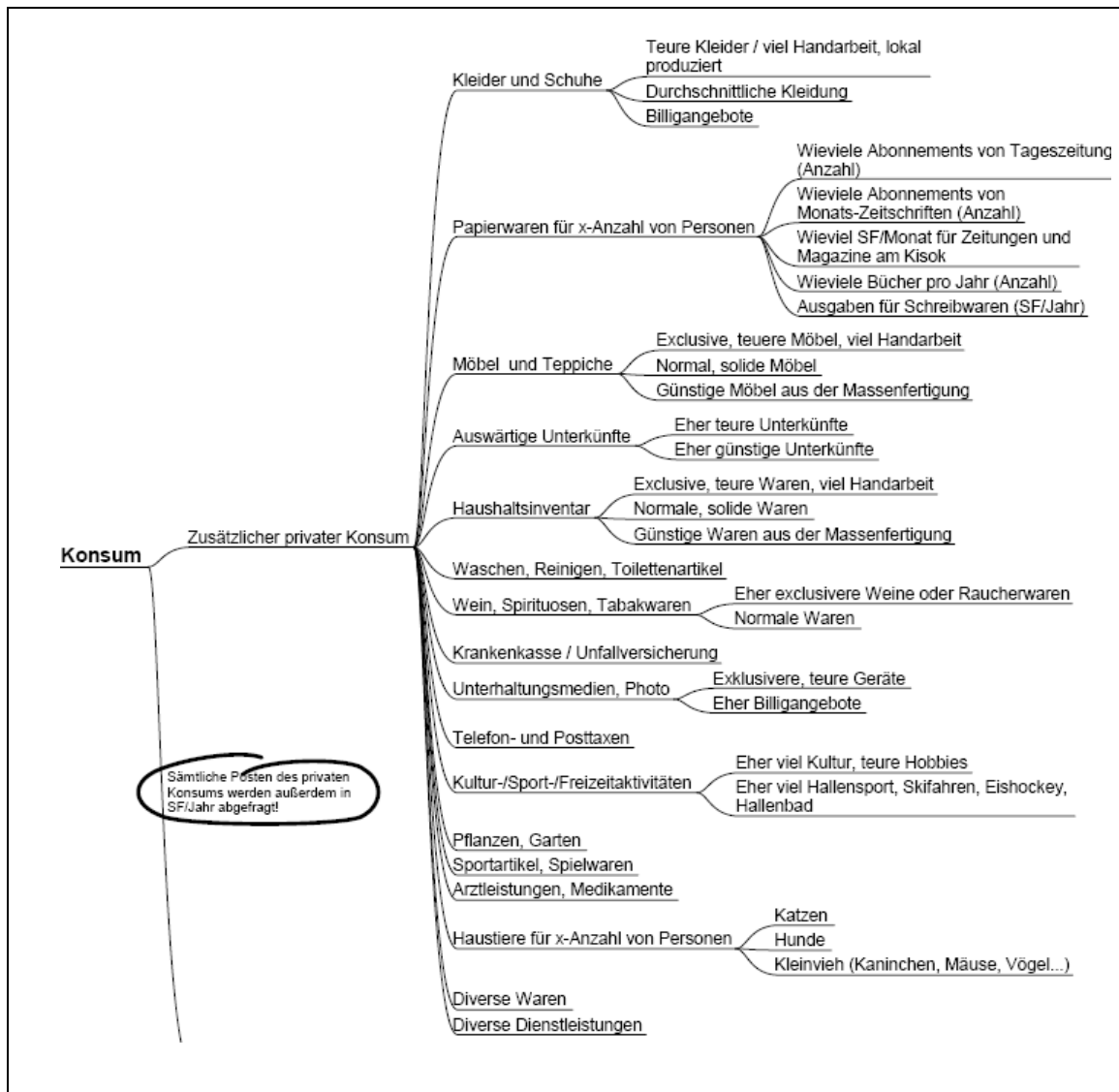
Quelle: Aktion Klima 1992

Obwohl die beiden Schweizer Rechner Proclim und ECO2 nicht genau mit dem Fragebogen übereinstimmen, scheinen sie doch in ihrem Aufbau daran angelehnt zu sein.

Rechner Proclim

Der Rechner Proclim weist eine sehr ähnliche Abfragestruktur auf. Zusätzlich zu einem qualitativen Vergleich des eigenen Nutzerverhaltens zum Durchschnitt, werden jährliche Ausgaben für bestimmte Waren und Dienstleistungen erfragt. Die Komplexität des Fragekatalogs zeigt der Ausschnitt der Mindmap.

Abb. 36: Bereich Konsum im Rechner Proclim



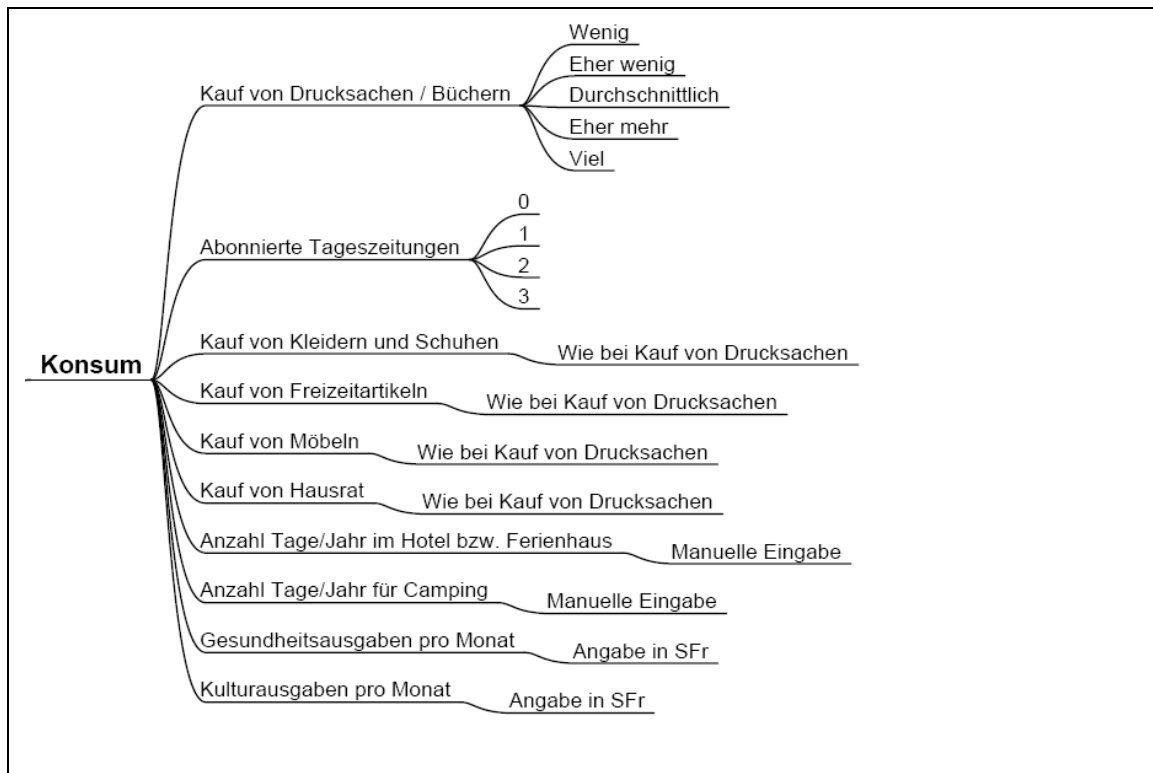
Quelle: Eigene Darstellung

Die Eingabe der jährlichen Ausgaben für Konsumgüter einer Produktgruppe legt eine Spanne der möglichen Emissionen fest. Mit Hilfe einer zusätzlichen Information über Menge oder Qualität der Produkte ergibt sich der Emissionsausstoß (Anpassung vermutlich über Faktoren). Durchschnittliche Ausgaben verursachen danach ca. 1,5 Tonnen CO₂. Der kleinstmögliche Wert (überall 0 SFr./Jahr, keine Haustiere) bedingt dementsprechend auch 0 t CO₂. Nach oben sind keine Grenzen gesetzt.

ECO2-privat

Für ECO2 Nutzer wurde der Fragebogen erheblich reduziert. Lediglich für Gesundheit und Kultur erfolgt die Abfrage noch über die monatlichen Ausgaben in Schweizer Franken.

Abb. 37: Bereich Konsum im Rechner ECO2-privat



Quelle: Eigene Darstellung

Der CO₂-Ausstoß für den sparsamsten Konsumenten beträgt **0,66 t** (ohne Übernachtungen im Hotel und ohne die Berücksichtigung von Ausgaben für Gesundheit und Kultur).

Eine Person mit hohem Konsumaufkommen verbraucht 1 Tonne mehr CO₂. Zusätzliche Emissionen von 0,5 t für die Gesundheit und 0,2 t für kulturelle Angebote ergeben für einen konsumintensiven Lebensstil insgesamt **2,36 t**.

Der Schweizer Durchschnittsbürger, der 1 Tageszeitung abonniert, 5 Tage im Hotel und 5 Tage auf dem Campingplatz verbringt, 320 SFr (200 EUR) für die Gesundheit und 40 SFr (25 EUR) für Kultur ausgibt, emittiert dafür jährlich **1,75 t CO₂**.

Übernachtungen im Hotel bzw. Camping tragen unterschiedlich zur Bilanz bei:

Tab. 31: Emissionsfaktoren für Hotelaufenthalte und Camping

	Hotel [t CO ₂ / Kopf]	Camping [t CO ₂ / Kopf]
1 Woche	0,13	0,06
2 Wochen	0,25	0,13
3 Wochen	0,37	0,19
4 Wochen	0,5	0,25

Quelle: Eigene Berechnungen mit ECO2-privat

Eine Übernachtung im Hotel verursacht also doppelt so viel CO₂ wie auf dem Campingplatz.

Die Ausgaben für Gesundheit und Kultur tragen ebenfalls zu Bilanz bei:

SFR	EUR³	Gesundheit t CO₂ / Kopf	Kultur t CO₂ / Kopf
10	6,3	0,02	0,02
20	12,6	0,04	0,03
30	18,9	0,05	0,05
50	31,5	0,06	0,08
100	63	0,18	0,16
200	126	0,25	0,33
500	315	0,88	0,49
1000	630	2,75	1,63

Quelle: Eigene Berechnungen mit ECO2-privat

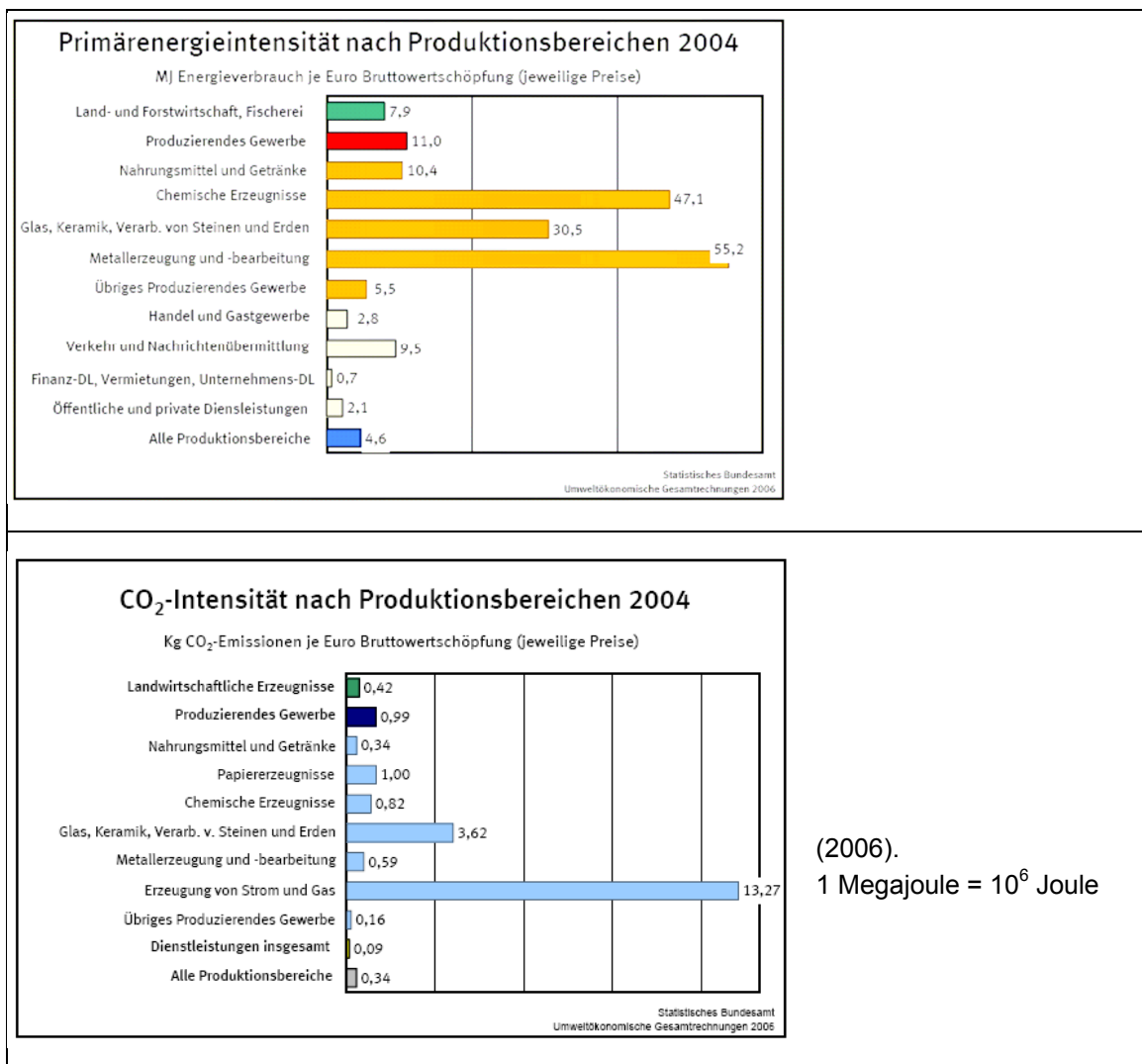
Eine Verbesserung des Schweizer Modells ist die Verwendung von Input-/Output Tabellen, aus denen sich die Energieintensität, aber auch CO₂-Intensitäten bestimmter Produktgruppen bestimmen lässt. Allgemein untersuchen „Input-Output Modelle Stoff-, Energie- oder Geldflüsse, die in ein definiertes System hinein oder aus ihm hinaus gehen. Von besonderem Interesse ist die volkswirtschaftliche Input-Output-Tabelle, welche die Verknüpfung unterschiedlicher Sektoren einer Volkswirtschaft in monetären Einheiten wiedergibt“ /Jungbluth 2000, S. XIV/.

Statistische Erhebungen in Deutschland erfassen die Primärenergieintensität, sowie die CO₂-Intensität nach Produktionsbereichen wie in Abb. 38 dargestellt. Das Statistische Bundesamt kategorisiert alle im Land verkauften Güter in insgesamt 70 Einzelpositionen.

³ Umrechnungsfaktor: 1 SFR = 0,63 EUR, www.schweiz.org

Die Erhebung berücksichtigt den Energiekonsum, der im In- und Ausland für die Herstellung eines Produktes anfällt. Für vorgeschaltete Wertschöpfungsketten, die im Ausland ablaufen, werden Werte für eine vergleichbare Produktionseinheit in Deutschland angenommen. In der Realität dürfte das eher zu einer Unterschätzung der Emissionen führen /StBA 2006a/.

Abb. 38: Ergebnisse verschiedener Produkt-Intensitäten in Deutschland



Quelle: StBA 2006a

Durchschnittliche Emissionswerte pro Einheit Energie (Joule) für jede Gütergruppe lassen Rückschlüsse auf die Menge der CO₂-Äquivalente zu, die pro ausgegebenem Euro entlang der Wertschöpfungskette emittiert wurden.

Auch der Rechner „Brauchen Sie eine Energiediät“ des Global Challenges Network baut auf solche Statistiken auf, indem er den Energiekonsum eines Menschen in Watt

(Joule/Sekunde) bilanziert. Der alternative Nobelpreisträger Hans-Peter Dürr hatte das Konzept des 1,5 kW Menschen entwickelt, was so viel heißt wie eine zulässige durchschnittliche Dauerleistung von 1,5 kW. Der Wert basiert auf der Berechnung einer energetischen Grenzbelastung für Erde auf die gesamte Weltbevölkerung gleichmäßig verteilt. Der Energieverbrauch entspricht einem Jahresverbrauch von 1300 Liter Erdöl oder einem Interkontinentalflug von 13000 km /Dürr 2003/.

Ähnliche Zielvorstellungen wurden auch an der ETH Zürich unter dem Namen „2000-Watt-Gesellschaft“ entwickelt. Der Züricher Stadtrat soll noch in dieser Legislaturperiode dazu ein Konzept mit konkreten Maßnahmen erarbeiten /Novalantis 2006/.

Im Zusammenhang mit einer Verwendung im CO₂ Rechner erscheint die Methode Emissionen in Abhängigkeit der Ausgaben zu berechnen als zu kompliziert, denn die Beziehung zwischen Ausgabe/Monat und Emission ist für den Nutzer nicht ohne weiteres nachvollziehbar.

7.1.2 Offizielle Statistiken zum Konsum der Haushalte

Für den Anteil der Emissionen, die durch den Konsum privater Haushalte verursacht werden, liegen nur wenige statistische Zahlen vor.

Laut Statistischem Bundesamt konsumierten private Haushalte im Jahr 2003 inländische Produkte, die zu einem direkten Ausstoß von 207 063 000 t CO₂ führten /StBA 2006d/. Bei 82 532 000 Einwohnern macht das **2,5 t pro Person** und Jahr. Im Jahr 2004 sank der pro Kopf Ausstoß auf **2,44 t**. Der Pro-Kopf Ausstoß in CO₂-Äquivalenten für 2004 liegt mit **2,49 t** nur unwesentlich höher. Der direkte Ausstoß bezieht sich aber auf die tatsächliche Menge der verbrauchten Energieträger im Haushalt (siehe Kapitel 4, Bereich Wohnen). Indirekte Emissionen durch Waren und Dienstleistungen spielen keine Rolle.

Die Ergebnisse der Umweltökonomischen Gesamtrechnung 2006 enthalten dazu eine Übersicht der Treibhausgas-Emissionen nach Gütergruppen und letzter Verwendung. Dabei wird u.a. auch nach den Verwendungszwecken „Konsum der privaten Haushalte im Inland“, „Konsum der privaten Organisationen ohne Erwerbszweck“ und „Konsum des Staates“ unterschieden. Die Werte beziehen sowohl Vorleistungen aus dem In- als auch aus dem Ausland mit ein, sodass sie die Bilanzierungsmethode mit den Ansprüchen des CO₂-Rechners deckt. Da der Emissionsausstoß für Exportgüter eine eigene Kategorie darstellt, kann davon ausgegangen werden, dass im Konsum der privaten Haushalte nur die tatsächlich verbrauchten Konsumgüter im Land stecken /StBA 2006a/.

Die aufgeführten Gütergruppen wurden entsprechend nach Bedarfspfeln neu organisiert und ergeben für den privaten Konsum einen durchschnittlichen Wert von **2,75 kg CO₂-Äquivalente** pro Person und Jahr. Dieser unterteilt sich nach Produkten und Dienstleistungen, sowie einer getrennten Kategorie für den Konsum im Verkehr.

Tab. 32 enthält eine Übersicht der Emissionen im Bereich des privaten Konsums. Die zehn emissionsintensivsten Gütergruppen werden einzeln aufgeführt (siehe graue hinterlegte Zeilen), eine Gesamtübersicht befindet sich in Anhang A 5.

Tab. 32: Emissionsausstoß nach Produktgruppen

PRIVATER KONSUM		
Produkte	1000 t CO₂e	kg CO₂/cap/a
Textilien und Bekleidung sowie Lederwaren	17452	211,5
Möbel, Schmuck, Sportgeräte, Spielwaren	7064	85,6
Papierwaren, Verlagszeugnisse, Druckerzeugnisse	6972	84,5
SUMME		754,0

Dienstleistungen	1000 t CO₂ e	kg CO₂/Pers/a
Dienstleistung Großhandel und Einzelhandel	37991	460,5
Beherbergung und Gaststätten	21343	258,7
Dienstleistung des Grundstücks und Wohnungswesens	12062	146,2
Gesundheits- Veterinär- Sozialwesen	11770	142,7
Kultur, Sport, Unterhaltung	6697	81,2
SUMME		1459,6

Konsum (Verkehr)	1000 t CO₂ e	kg CO₂/Pers/a
Kraftwagen und Kraftwagenteile	15480	187,6
DL Luftfahrt	12548	152,1
SUMME		534,1

GESAMTSUMME PRIVATER KONSUM	2747,7
------------------------------------	---------------

Quelle: StBA 2006a

Wasserver- und entsorgung, sowie die Abfallbeseitigung und dessen Entsorgung sind in Deutschland nahezu flächendeckend vorhanden und werden von allen Bürgern in Anspruch genommen. Die entsprechenden Emissionen zählen deshalb in dieser Bilanz zum Bereich „Öffentlicher Konsum“ und sind damit für alle Bürger gleich.

Emissionen aus der Umweltökonomischen Gesamtrechnung für Güter aus dem Bereich Ernährung, Wohnen und Mobilität werden hier nicht weiter berücksichtigt.

7.1.3 Konsumentenorientierte Untersuchungen

Einen weiteren Ansatz den Konsum der Haushalte zu quantifizieren bietet die Lebensstilforschung, eine Untersuchungsweise die hauptsächlich aus dem Bereich der Marktforschung stammt. Der Lebensstil zeigt sich darin, wie Personen ihren Alltag gestalten. Die Lebensstilforschung geht also vom einzelnen Konsumenten aus und eröffnet die Möglichkeit Emissionen anhand der gekauften Güter zu ermitteln.

Wachsende Umweltprobleme führten dazu, Lebensstilforschung auch mit dem Hintergrund ökologischer Ansätze zu betreiben. Vor allem der steigende Energieverbrauch in den Industrienationen regte das Interesse an. In einem Geflecht von Zusammenhängen nimmt der Lebensstil Einfluss auf das Konsumverhalten. Der Energieverbrauch (direkt und indirekt) wird durch nachgefragte Güter und Dienstleistungen bestimmt. Der Stand der Technik beeinflusst verfügbare Produkte und das gesellschaftliche Umfeld formt Normen und Werte. Weitere wichtige Faktoren für den Lebensstil ist das Zeitbudget und finanzielle Kapazitäten des Haushalts /Jungbluth 2000 S.66, Empacher et al. 2002/.

In einer Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes untersuchte das ISOE Potenziale und Barrieren für einen nachhaltigen Konsum. Die verschiedenen Konsumorientierungen bauen auf bekannten Muster wie Convenience-Orientierung, Preis-Orientierung oder Umwelt-Orientierung auf /Empacher 2002/. Das ISOE entwickelte aus einer Telefonbefragung 10 verschiedene Konsumtypen:

Typ 1: Die Ländlich-Traditionellen

Typ 2: Die kinderlosen Berufsorientierten

Typ 3: Die jungen Desinteressierten

Typ 4: Die Alltagskreativen

Typ 5: Die Konsumgenervten

Typ 6: Die durchorganisierten Ökofamilien

Typ 7: Die schlecht gestellten Überforderten

Typ 8: Die unauffälligen Familien

Typ 9: Die aktiven Seniorinnen und Senioren

Typ 10: Die statusorientierten Privilegierten

Die Chance dieser Lebensstil-Analyse für den CO₂-Rechner liegt darin, einen Zusammenhang zwischen Emissionsausstoß und Konsumtyp herzustellen. Der Einzelne könnte einer Gruppe zugeordnet werden die bestimmt Verhaltensmuster aufweist und mit Hinweisen zur nachhaltigeren Lebensweise verlinkt ist.

Auch das Ökoinstitut verwendet diese Art der Betrachtung bei der Untersuchung der EcoTopTen Initiative. Dabei entsteht Abb. 39 als Ergebnis einer Stoffstromanalyse. Ein Durchschnittshaushalt mit 2,17 Personen verursacht damit Emissionen in Höhe von 7,8 t pro Person /Öko-Institut 2004/.

Die Einteilung der Bedarfsefelder PF1 bis PF8 in Abb. 39 entspricht nicht der hier entwickelten Systematik für das CO₂-Rechentool. Die Bedarfsefelder enthalten jeweils die Umwelteinflüsse für die Herstellung, Nutzung und Verwertung der Gebrauchsgüter. Im Gegensatz dazu, wird die Nutzphase (wie bei elektrischen Geräten der Stromverbrauch oder der verwendete Treibstoff für Autofahrten) im Rechner getrennt von den restlichen Phasen im Lebenszyklus behandelt. Der Energieverbrauch müsste für eine weitere Verwendung gesondert aus der Bilanz herausgelesen werden.

Abb. 39: Gesamtergebnis der Stoffstromanalyse für einen statistischen Durchschnittshaushalt in Deutschland

	KEA	GWP	AP	NP	POCP	Gesamt- umwelt- belastung
	GJ	kgCO ₂ Äq	kgSO ₂ Äq	kgP04Äq	kgETHÄq	mikro UZBP
PF1 Bauen und Wohnen	100,0	7.065	11,5	0,93	0,98	23.858
PF2 Mobilität	56,5	3.959	10,9	1,26	5,39	32.640
PF3 Lebensmittel	20,9	3.758	3,8	0,11	0,61	8.686
PF4 Küche	15,6	953	1,9	0,20	0,06	3.631
PF5 Textilien	2,0	97	0,8	0,04	0,08	935
PF6 Bad	6,1	360	1,0	0,07	0,07	1.581
PF7 Kommunikationsgeräte	14,6	462	1,3	0,29	0,07	2.713
PF8 Unterhaltungselektronik	5,2	323	0,7	0,06	0,02	1.293
Summe	220,9	16.977	32,0	2,98	7,27	75.338

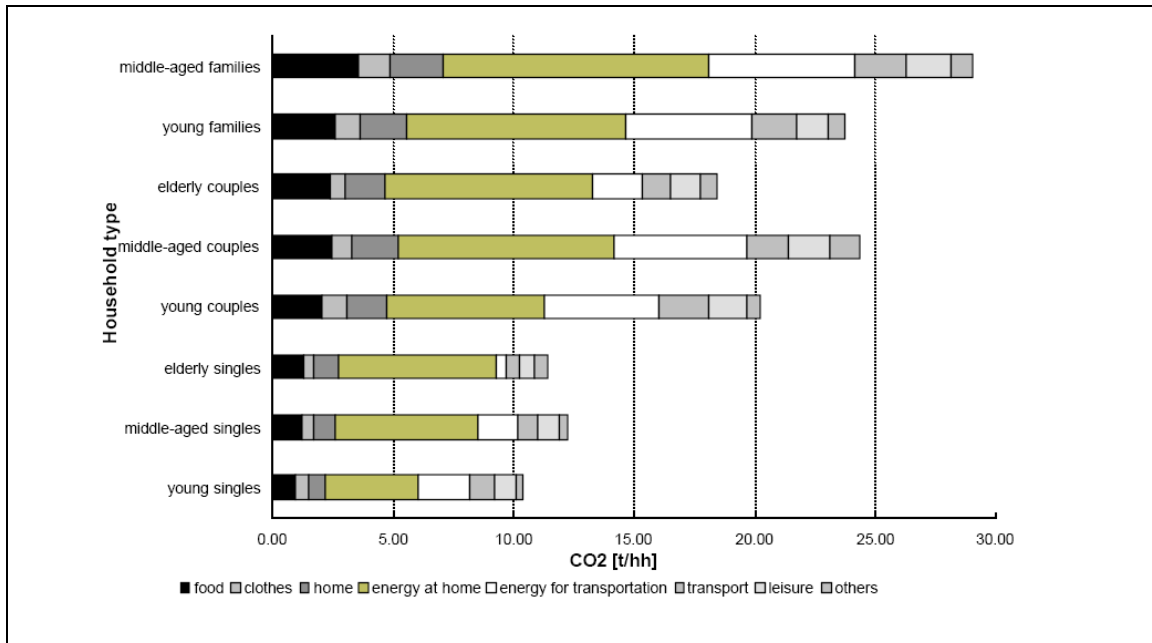
Quelle: Öko-Institut 2004

Die Wissenschaftler Weber und Perrels /2000/ befassen sich ebenfalls mit dem Einfluss des Lebensstils auf Energieverbrauch und Emissionen. Nicht nur der direkte Energieverbrauch wird betrachtet, sondern auch der Verbrauch von indirekter Energie, die in nicht-energetischen Produkten und Dienstleistungen steckt.

Die Studie bezieht sich auf statistischen Erhebungen in den drei Ländern, Deutschland, Niederlande und Frankreich. Angaben für die Bundesrepublik basieren auf Werten aus dem Jahr 1990. Dabei erfolgt eine Differenzierung nach Haushaltsgröße und Alter der Personen.

Abb. 40 stellt im Bereich Konsum die Felder Kleidung, Freizeit und Wohnen differenziert dar. Die Spanne der Emissionen bewegt sich zwischen **1,8 t** pro Person für einen jungen Single-Haushalt und **2,3 t** für eine Person, welche die Lebensmitte erreicht hat und kinderlos mit dem Partner zusammenlebt. Personen mittleren Alters induzieren im Durchschnitt am meisten Emissionen.

Abb. 40: Vergleich des Emissionsausstoß verschiedener Haushaltstypen in Westdeutschland (1990).



Quelle: Weber, Perrels 2000

Die Art der Erfassung anhand der verschiedenen Haushalte zeigt außerdem die Problematik der Bilanz einer Einzelperson. Viele Produkte werden im Haushalt gemeinsam konsumiert, wobei die genaue Zurechenbarkeit nicht immer möglich ist.

Barthel kommt in seiner Abschätzung der persönlichen Emissionsbilanz für den Bereich Konsum zu einer Spanne von jährlich **1,25 bis 3,5 t CO₂/Kopf** zwischen effizientem und verschwenderischem Lebensstil. Der Mittelwert befindet sich bei **2,5 t CO₂/Kopf** /Barthel 2006/.

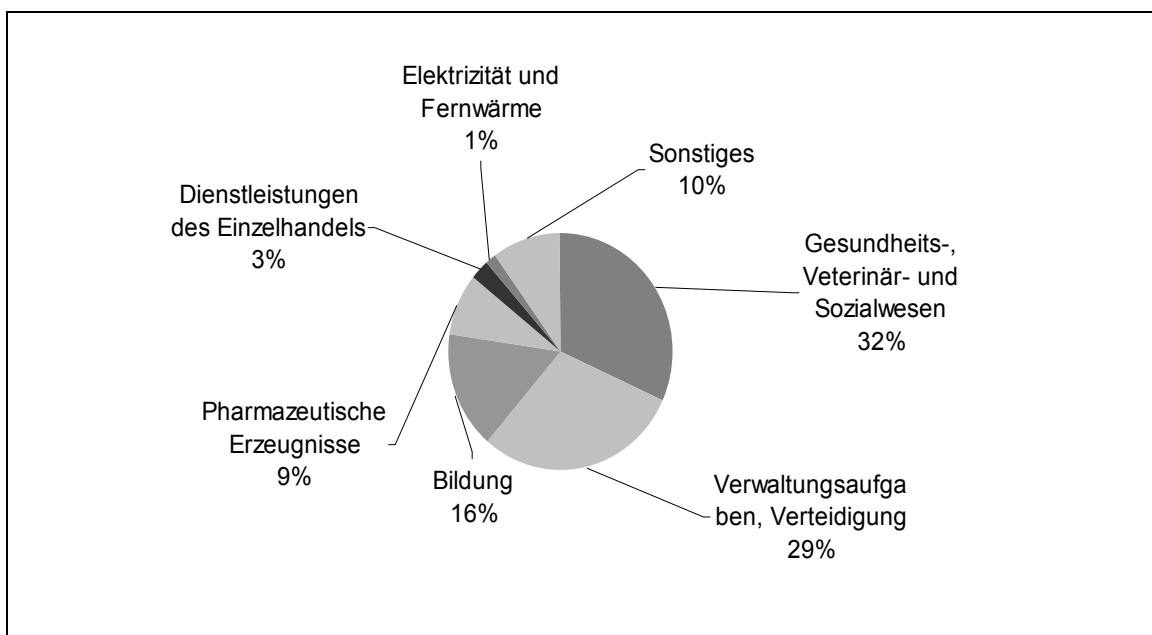
7.2 Allgemeiner Verbrauch

Der allgemeine Verbrauch oder auch öffentliche Konsum bezieht sich auf Aktivitäten, die der Staat im Auftrag und zugunsten der Bürger unternimmt. Theoretisch sollten allen Bürgern in gleichem Maße davon profitieren. Der Staat versorgt seine Bürger mit öffentlichen Gütern wie z.B. Infrastruktur und Bildung, garantiert Recht und Ordnung und sorgt für die allgemeine Sicherheit. Insgesamt ist es Aufgabe des Staates, den reibungslosen Ablauf des öffentlichen Lebens zu gestalten und zu erhalten. Deshalb werden Emissionen, die durch staatliche Institutionen entstehen, in der Bilanz gleichmäßig auf alle Bürger verteilt. Sie bilden sozusagen die Grundemissionslast, für die jeder Teilnehmer der deutschen Gesellschaft Verantwortung tragen muss.

Der relativ hohe Lebensstandard in der Bundesrepublik Deutschland in Verbindung mit einem umfassenden Sozialsystem, erfordert auch einen hohen organisatorischen Aufwand, der wiederum mit erheblichen Emissionen verbunden ist. Die aktuelle Umweltökonomische Gesamtrechnung schätzt die Emissionen für die Allgemeinheit im Jahr 2003 auf insgesamt 87,37 Millionen Tonnen. Daraus folgt ein persönlicher Anteil von **1,06 t CO₂-Äquivalenten** pro Jahr. Trotz heftiger Kürzungen der letzten Jahre bleibt das Gesundheits- und Sozialsystem mit knapp einem Drittel die größte Emissionsquelle im öffentlichen Konsum. Fast ebenso viele Emissionen stammen aus der Öffentlichen Verwaltung und Aktivitäten der Bundeswehr (siehe Abb. 41) /StBA 2006a/.

Andere Quellen sind der Bildungssektor, die Herstellung pharmazeutischer Produkte, Aktivitäten des Einzelhandels im Auftrag von öffentlichen Institutionen als auch Strom und Wärme die in öffentlichen Gebäuden genutzt werden.

Abb. 41: Anteile der Emissionen aus dem öffentlichen Konsum



Quelle: StBA 2006a

Außerdem zählen die Emissionen aus der Wasserver- und entsorgung, sowie die Abfallbeseitigung in den öffentlichen Konsum, da dieser Service deutschlandweit zur Verfügung steht. Die Emissionen erhöhen sich dadurch auf **1,24 t CO₂-Äquivalente** pro Jahr (siehe auch Anhang A 5).

7.3 Zusammenfassung

Daten für den Bereich Konsum existieren nur spärlich. Wenige Studien beziehen sich auf den Konsum der Haushalte, der für einen Großteil der Emissionen aus der Industrie verantwortlich ist. Statistische Daten betrachten die Emissionen nach Sektoren, we-

niger nach der Verwendung. Sie machen keine differenzierten Aussagen über indirekte Emissionen der Haushalte die durch deren Konsum verursacht werden.

Einen Überblick der Ergebnisse von CO₂-Rechnern und Studien gibt die nachfolgende Tabelle:

Tab. 33: Übersicht der Ergebnisse im Bereich Konsum

	Durchschnitt [t CO ₂ /Kopf*a]	Spanne [t CO ₂ /Kopf*a]	
LFU-Rechner	2,7	1,23	2,9
Rechner FH Bielefeld	2,3	1	5
ECO 2-privat Rechner	1,75	0,66	2,36
Aktion Klima 1992	2,25		
Umweltökonomische Gesamtrechnung /StBA 2006a/	2,75		
Weber, Perrels 2000		1,8	2,3
Wuppertal-Institut 2006	2,5	1,25	3,5

Die Lebensstilforschung bietet eine aussichtsreiche Möglichkeit, den gewählten Lebensstil mit dem persönlichen Emissionsausstoß in Zusammenhang zu bringen. Heute stellen Arbeiten auf diesem Gebiet oftmals nur eine Begleitforschung zur Umsetzung umweltfreundlicher Verhaltensmethoden dar.

Die einzige hier behandelte Studie, die verschiedene Konsummuster nach Emissionsausstößen differenziert, stammt aus dem Jahr 1990 und weist für den durchschnittlichen Verbrauch eine Spanne zwischen 1,8 und 2,3 Tonnen CO₂ pro Person auf, je nach Alter und Haushaltsgröße. Für den CO₂-Rechner reicht diese grobe Einteilung nicht aus.

Im Hinblick auf eine erweiterte Anwendung des Rechners mit einer Verlinkung zu regionalen Anbietern von nachhaltigen Produkten macht es Sinn, eine Einteilung in Handlungsfelder vorzunehmen. Beispiele für Handlungsfelder sind Bücher/Zeitungen, Kleidung/Schuhe, Möbel, Hausrat. Wichtig für die Beurteilung (und die Festlegung der Faktoren) ist nicht nur die Menge der gekauften Produkte sondern vor allem die Qualität der Verarbeitung und Transportwege.

Für das Rechentool sollte, analog zum LFU-Rechner, das Kaufverhalten und das Freizeitverhalten aktiv berücksichtigt werden. Im Hintergrund gehen auch Haushaltsgröße, Klasse des Autos, Anzahl der Flugreisen in die Berechnung ein. Die Pro-Kopf Emissionen für den Konsum werden dort mit **2,7 t** im Jahr angenommen (Schwankungsbreite **1,25 bis 3,5 t** CO₂/Kopf).

Die Pro-Kopf Emissionen für den allgemeinen Verbrauch betragen **1,24 t** im Jahr. Jeder Person wird bei der Berechnung genau dieser Wert auf die persönliche Bilanz aufgeschlagen. Der Wert geht nur zurück, wenn der Emissionsausstoß der ganzen Gesellschaft auf ein niedrigeres Niveau sinkt.

8 Empfehlungen für ein Standard-Tool zur Berechnung der persönlichen CO₂-Bilanz

Aus Untersuchungen bestehender Rechentools jeweils nach den Bedarfsweldern Wohnen, Mobilität, Ernährung und Konsum lassen sich wichtige Erkenntnisse für die Entwicklung eines Standard-Tools ableiten, das bundesweit eingesetzt werden könnte.

Zusätzlich wurden für jedes der Bedarfswelder nationale Daten mit konsumerorientierten Betrachtungen und Studien verglichen, um insgesamt auch die Spanne der auftretenden Emissionen bewerten zu können.

Um eine gute Vergleichbarkeit der Emissionen auch zwischen den einzelnen Bedarfsweldern Wohnen, Mobilität, Ernährung und Konsum zu erreichen, beziehen sich die Ergebnisse grundsätzlich auf CO₂-Äquivalente. Diese enthalten hauptsächlich die Gase CO₂, CH₄ und N₂O. Die meisten Rechner erfassen energiebedingte Emissionen in CO₂, benutzen aber bei der Ernährung eher CO₂-Äquivalente.

Die konsumerorientierte Darstellung nationaler Daten zum Emissionsausstoß ergibt, dass jede(r) Einwohner(in) Deutschlands zwischen 11 und 12 Tonnen CO₂-Äquivalente verursacht. Spezifische Werte für die einzelnen Anwendungen werden in den jeweiligen Kapiteln der vorliegenden Studie hergeleitet.

Für die konkrete Umsetzung der Berechnungen mit Hilfe eines Tools werden im folgenden die wichtigsten Abfragemuster in jeder Kategorie zusammenfassend erläutert. Der Detailliertheitsgrad, sowohl bezogen auf den Umfang der einzelnen Bedürfnisfelder als auch bezogen auf die Tiefe der Eingabemöglichkeiten sollte in etwa LFU-Tool entsprechen.

Schon zu Beginn der Eingabe soll sich der Nutzer auf eine Bilanzierungsmethode festlegen. Er kann sich entscheiden, entweder nur sich selbst oder den ganzen Haushalt zu berücksichtigen. Spezifische CO₂-Emissionen aus dem Wohnbereich berechnen sich dann aus dem Energieverbrauch des Haushalts für Heizung und Strom, geteilt durch die Anzahl der Haushaltsmitglieder.

Falls der Nutzer den jährlichen Energieverbrauch nicht kennt, sollte er über eine Umleitung geführt werden, die für den Stromverbrauch Haushaltsgeräte erfasst und bewertet, sowie den Heizenergiebedarf über die energetischen Rahmendaten des Gebäudes und Nutzerverhalten abschätzt.

Auch die Emissionen im Verkehr basieren auf dem persönlichen Energieverbrauch, abhängig von der fahrzeugspezifischen Energieeffizienz und dem Energieträger. Der Nutzer braucht als Angaben für den PKW bzw. Kleinkrafträder seine jährliche Kilometerzahl, die Effizienz des Kraftfahrzeugs, sowie die Treibstoffart. Die Effizienz sollte zusätzlich über die Fahrzeugklasse abgeschätzt werden können.

Für die öffentlichen Verkehrsmittel gelten nationale Durchschnittswerte pro Personenkilometer (Pkm); der Nutzer gibt also nur die zurückgelegten Strecken an.

Bei der Erfassung des Luftverkehrs gilt es eine Besonderheit zu berücksichtigen. Wie wissenschaftliche Erkenntnisse zeigen, haben Emissionen in großen Höhen eine be-

sondere Klimawirksamkeit. Diese sollte im CO₂-Rechner mit einem geeigneten RFI-Faktor angemessen beachtet werden. Hier geht es vor allem auch um Bewusstseins-schaffung bei den Konsumenten, die in Folge steigender Billigangebote immer häufiger das Flugzeug besteigen.

Das Bedürfnisfeld Ernährung konnte durch mehrere konsumorientierte Studien genauer beleuchtet werden, mit dem Ergebnis dass die Ernährungsform den größten Einfluss auf die CO₂-Bilanz ausübt. Darüber hinaus wirken sich die Kriterien Saisonalität, Regionalität, Verzicht auf Tiefkühlkost und der Kauf von Bioprodukten leicht positiv auf die Bilanz aus.

Der Konsum bleibt in seinem Emissionsumfang als grobe Schätzung erhalten. Hier zählt hauptsächlich die Grundeinstellung des Konsumenten, die sich auch im Besitz von Fahrzeugen und Mobilitätsverhalten (v.a. Flüge) ausdrückt. In diesem Bereich sind quantifizierbare Aussagen für den einzelnen Bürger schwer zu treffen. Dieser Bereich baut daher auf dem Konsummuster eines Durchschnittsbürgers auf. Die Berechnung der CO₂- Emissionen erfolgt über qualitative Einschätzungen.

Die gesamte CO₂- Bilanz des Bürgers nach Bedürfnisfeldern sollte schlussendlich sowohl tabellarisch, als auch grafisch am Ende der Berechnung dargestellt werden. Ein Vergleich mit den Werten des typischen Bundesbürgers, als auch der Zielwert der spezifischen CO₂- Emissionen für einen nachhaltigen Konsum ist sinnvoll.

Im Rahmen des Tools sollten auch bereits die ersten Hinweise auf Maßnahmen zur Reduzierung der CO₂- Emissionen enthalten sein. Durch weitere Verlinkung sollten Möglichkeiten zur Vertiefung der Problematik gegeben sein.

Bei den Handlungsanweisungen spielt das direkte Verbraucher-Feedback eine große Rolle:

Über einen Vergleich des Energieverbrauchs im Bereich Heizung und Strom soll sich der Bürger ein Bild des eigenen Einkaufs- und Verbrauchsmusters machen und davon ausgehend entsprechende Tipps erhalten, wie die Bilanz weiter verbessert werden kann. Zusammen macht der Energieverbrauch zuhause rund ein Viertel der CO₂-Gesamtbilanz aus. Besonders im Gebäudebereich schlummern noch weitreichende Potentiale zur Emissionsminderung.

Aber auch der Verkehrsbereich bietet zahlreiche Möglichkeiten zur Reduktion. Über die Wahl der Transportmittel, spritsparende Fahrweise und grundsätzliche Entscheidungen zur Mobilität schwinden die Tonnen.

Für die Ernährung lassen sich entscheidende CO₂-Minderungsfaktoren auf wenige Prinzipien reduzieren (z.B. weniger Tierprodukte, mehr regionale und saisonale Produkte).

In einer weiteren Ausbauphase könnte der Rechner auf regionaler Ebene durch links ergänzt werden, die zu Anbietern von Konsumgütern bzw. Herstellern die auf eine umweltverträgliche Produktion setzten oder auf die Seiten anerkannter Produktlabels führen.

Schließlich könnten auf dem Bilanztool auch der Bereich der CO₂-Kompensation aufbauen. Die Thematik „CO₂-Emission des Bürgers“ gehört auch in die Diskussion um die Zero-Emission-Bewegung. Nach der Reduktion der Emissionen kommt daher im nächsten Schritt der Weg zum „Null-Emissionsbürger“. Wenn alle dem Konsumenten möglichen Einsparpotentiale ausgeschöpft wurden, besteht nur noch die Möglichkeit zur Kompensation, d.h. zum Ausgleich der noch vorhandenen Restemissionen. Immer mehr Organisationen bieten an, verursachte Emissionen durch geeignete Projekte zu neutralisieren.

Eine Verknüpfung mit dem CO₂-Rechentool bietet dann die Möglichkeit, die Bürger über Projekte zu informieren und ihn zu motivieren sich weiter im Klimaschutz zu engagieren. Sogar das britische Umweltministerium ist dabei best-practice Kriterien für die freiwillige Kompensation zu entwickeln und wird dazu auch einen Rechner veröffentlichten, der Maßnahmen national vergleichbar macht.

9 Literatur

/ACCENT 2006/

Atmospheric Composition Change The European Network of Excellence: Air traffic and climate, Nr. 9, Juli 2006
http://www.atmosphere.mpg.de/enid/0,59a8eb73686f7774797065092d097072696e74/Nr2JuneO5_Research_5rn.html

/AG Energiebilanzen 2005/

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.: Endenergieverbrauch der Haushalte in Deutschland, Tabelle 2.8.0.1., 9/06, Berlin 2005

/Aktion Klima 1996/

Aktion Klima (Verkehrs-Club der Schweiz und Greenpeace Schweiz): Persönliche Energie- und CO₂-Bilanz - Berechnungsgrundlagen und Kommentar zum Fragebogen, Zürich 1996

/Atmosfair o.J./

Atmosfair: Der Emissionsrechner.
<http://www.atmosfair.de/index.php?id=27&L=31%2Findex.php%3Fid%3D9>

/AvantTime 2007/

AvantTime (Schunkert, Stephan): White Paper, CO₂-Rechner Storyboard, Interne Verwendung, Tübingen 2007

/Barthel 2006/

Barthel Claus: Den European Way of Life im Blick – Spielraum der Konsumenten bei ihrer CO₂-Emission, In: Energie & Management, 2006, 15/2006, Seite 3

/Bayerisches Staatsministerium WIVT 2006/

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: Elektrogeräte und Beleuchtung, München 2006
<http://www.stmwivt.bayern.de/energie/energiespartipps/frames/05elek.html>

/BdEV 2006a/

Bund der Energieverbraucher: Energietipp der Woche – Archiv der ausführlichen Beiträge, Düsseldorf 2006
http://www.energienetz.de/index.php?itid=1810&search_artikel_id=1810

/BdEV 2006b/

Bund der Energieverbraucher: Eine Formel für den Stromverbrauch, Düsseldorf 2006

/BMU 2005a/

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Das nationale Klimaschutzprogramm 2005, Berlin 2005
<http://www.bmu.bund.de/klimaschutz/downloads/doc/35742.php>

/BMU und co2online 2007/

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Der bundesweite Heizspiegel 2006. Im Auftrag des BMU als Teil der Klimaschutz Kampagne.
www.bmu.de/energieeffizienz/downloads/doc/text/38093.php

/BMELV 2007/

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Was esse ich?, Berlin 2007
www.was-esse-ich.de

/CMA 2007/

Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH: Deutsche tischten 2006 weniger Fleisch aber mehr Gemüse auf. Pressemitteilung Greenpeace Magazin vom 17.01.2007, Berlin 2007
http://www.greenpeace-magazin.de/magazin/tagesthemen/tt_list.php?p=65022&more=1&c=1

/DEHSt 2004/

Deutsche Emissionshandelsstelle: Emissionsfaktoren und Kohlenstoffgehalte, Veröffentlichungsdatum 03.08.2004, Berlin 2004

/DENA 2006/

Deutsche EnergieAgentur: Raumklimageräte. Deutsche Energie Agentur, Berlin 2006
<http://www.stromeffizienz.de/index.php?id=rkg>

/DENA 2007/

Deutsche EnergieAgentur: Haushaltsgeräte, Initiative EnergieEffizienz Private Haushalte, Berlin 2007
<http://www.stromeffizienz.de/index.php?id=117>

/DGE 2000/

Deutsche Gesellschaft für Ernährung: Ernährungsbericht 2000, Bonn 2000
http://www.dge.de/modules.php?name=St&file=w_ebericht

/DIW 2004/

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: CO₂-Emissionen in Deutschland im Jahre 2003: Witterungsbedingt leichte Steigerung. Wochenbericht des DIW Berlin 10/04, Berlin 2004

/DIW 2006a/

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: CO₂-Emissionen in Deutschland in 2005 deutlich gesunken. Wochenbericht des DIW Berlin 12/2006, Berlin 2006

/DIW 2006b/

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Weltweite CO₂-Emissionen

nehmen weiter zu. In: Energie & Management, 15.09.2006, S. 30, Berlin 2006

/DUH 2006/

Deutsche Umwelthilfe: Zuspruch für Ökostrom wächst weiter, Radolfzell 2006

http://www.duh.de/pressemitteilung.html?&tx_ttnews%5Btt_news%5D=767&cHash=0d7dad9fba

/Dürr 2003/

Dürr, Hans-Peter (Global Challenges Network): Die 1,5 Kilowatt-Gesellschaft – Intelligente Energienutzung als Schlüssel zu einer ökologische nachhaltigen Wirtschaftsweise, 2003

/Empacher et al. 2002/

Empacher, C. et al. (Umweltbundesamt): Konsumstile - Haushaltsexploration der Bedingungen, Möglichkeiten und Grenzen nachhaltigen Konsumverhaltens, Dessau 2002

/Energieagentur NRW o.J./

Energieagentur NRW: Goodbye - Stand-by. Energie sparen – Leerlauf abschalten, Düsseldorf

http://www.ea-nrw.de/_infopool/page.asp?Infoid=425

/Energieagentur NRW 2006/

Energieagentur NRW: Prozentuale Anteile der 12 Stromverbrauchsbe-
reiche in den verschiedenen Haushaltsgrößen, Düsseldorf 2006

<http://www.ea-nrw.de/haushalt/page.asp?Infoid=4106>

/Energiesystem 2006/

Energiesystem: Durchschnittlicher Stromverbrauch, Kiel 2006

http://www.energiesystem.de/Auswahl/Kompetenzen/Elektro/Stromkosten/Stromverbrauch/hauptteil_stromverbrauch.html

/EnergieVision 2005/

EnergieVision e.V. (Öko-Institut): Kriterien für das Gütesiegel "ok-power" für Ökostrom, Version 6.2, Stand 30.Oktober 2005, Freiburg 2005

/EWS Schönau 2006/

Elektrizitätswerke Schönau: EWS-Energiesparjahr 2006 - Wie viel Strom verbrauchen die Geräte überhaupt?, Schönau 2006

www.ews-schoenau.de/Download/files/Geraete_Stromverbrauch.pdf

/Faist 2000/

Faist M.: Ressourceneffizienz in der Aktivität Ernähren, Dissertation ETH Nr. 13884, Zürich 2000

/forsa und RWI Hessen 2004/

forsa und RWI Hessen: Erhebung des Energieverbrauchs der privaten

Haushalte in Deutschland für das Jahr 2003. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Projekt-Nr. 61/04, Berlin 2004

/GfK et al. 2004/

Gesellschaft für Konsumforschung et al.: Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen. Projektnummer 17/02, im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Berlin 2004

/Greenpeace Magazin 2004/

Greenpeace Magazin: Der persönliche Klimatest, Ausgabe 04/04, S. 46, Hamburg 2004

/Helms, Lambrecht 2005/

Helms Hinrich, Lambrecht Udo (ifeu Heidelberg): Emission factors for the combustion of fuels in road vehicles, Heidelberg 2005

/Herde 2005/

Herde, A (Zentrum für Technik und Gesellschaft): Kriterien für eine nachhaltige Ernährung auf Konsumentenebene, Berlin 2005
http://www.ztg.tu-berlin.de/pdf/Nr_20_Herde.pdf

/ifeu 1996/

Institut für Umwelt- und Energieforschung (Knisch, H): Verkehrsleistung und Luftschadstoffemissionen des Personenflugverkehrs in Deutschland von 1980 bis 2010, ifeu-Institut Heidelberg im Auftrag des UBA, Zwischenbericht des F+E-Vorhabens 105 06 085, Heidelberg 1996

/ifeu 1999/

Institut für Umwelt- und Energieforschung: Mobilitätsbilanz für Personen und Güter, im Auftrag der Deutschen Bahn und WWF, Heidelberg 1999

/ifeu 2005a/

Institut für Umwelt- und Energieforschung (Hertle, Hans): Verbrauchs- oder Bedarfspass? Anforderungen an den Energiepass für Wohngebäude aus Sicht privater Mieter und Käufer, Heidelberg 2005

/ifeu 2006a/

Institut für Umwelt- und Energieforschung (Knörr, Wolfram): UmweltMobilCheck – wissenschaftlicher Grundlagenbericht des ifeu-Instituts Heidelberg, im Auftrag der Deutschen Bahn AG, Heidelberg 2006

/ifeu 2006b/

Institut für Umwelt- und Energieforschung (Duscha, Markus): Effiziente Beratungsbausteine zur Verminderung des Stromverbrauchs in privaten Haushalten, Zwischenbericht Stand März 2006, Heidelberg 2006

/ifeu 2006c/

Institut für Umwelt- und Energieforschung (Knörr, Wolfram): Primärenergieverbrauch und Gesamtemissionen des Verkehrs in Deutschland, Be-

rechnungen mit TREMOD, Stand 12.12.2006, ifeu Heidelberg im Auftrag des Umweltbundesamts, Heidelberg 2006

/ifeu 2007a/

Institut für Umwelt- und Energieforschung (Knörr, Wolfram): Primärenergieverbrauch und Gesamtemissionen des Verkehrs in Deutschland, Berechnungen mit TREMOD, Stand 12.12.2006, Heidelberg 2007

/ifeu 2007b/

Institut für Umwelt- und Energieforschung (Fehrenbach, Horst): QUELLE STROMFAKTOR und FERNWÄRMEFAKTOR

/ifeu 2007c/

Institut für Umwelt- und Energieforschung (Reinhardt, Guido): Nachwachsende Rohstoffe für die chemische Industrie: Optionen und Potenziale für die Zukunft, Frankfurt am Main, laufendes Projekt

/IPCC 1999/

Intergovernmental Panel on Climate Change: Aviation and the Global Atmosphere, Geneva 1999
<http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/071.htm#623>.

/IPCC 2007/

Intergovernmental Panel on Climate Change: Climate Change 2007: The physical science basis. A summary for policy makers, Geneva 2007

/Jacobs, Neller 2007/

Jacobs, Stephan; Neller, Marc: Lust der Verantwortung. Erschienen in: Der Tagesspiegel online, vom 11.03.2007
<http://www.tagesspiegel.de/diedritteseite/art4176,2019333>

/Jardine 2005/

Jardine, C. (Oxford University): Calculating the Environmental Impact of Aviation Emissions. Environmental Change Institute, Centre for the Environment, Oxford University, Oxford 2005

/Jungbluth 2000/

Jungbluth, Nils. Environmental consequences of food consumption: A modular life cycle assessment to evaluate product characteristics. Dissertation ETH Nr. 13499, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften, ETH Zürich.

/Jungbluth, Faist 2002/

Jungbluth, Nils. Faist M.: Ökologische Folgen des Ernährungsverhaltens – Das Beispiel Schweiz. In: Ernährung im Fokus 2, 10/02, S. 254 – 258

/Jungbluth et al. 2004/

Jungbluth, Nils: Gesamtpotential für die Reduktion von Umweltbelastungen im Bereich Ernährung und Wohnen. Bericht im Auftrag des WWF Schweiz, ESU-services, Bern 2004

/Jungbluth 2005/

Jungbluth, Nils: Umweltfolgen des Nahrungsmittelkonsums. Treffen der Koordinationsgruppe LCA, ESU, Bern 2005
www.esu-services.ch/download/jungbluth-2005-BUWAL-ernaehrung.pdf

/Klima-Bündnis 2006/

Klima-Bündnis: Europäische Klima-Bündnis-Kommunen einigten sich in Wien auf langfristige CO₂-Reduktionsziele, Presseartikel vom 05.05.2006, Frankfurt 2006
<http://www.klimabuendnis.org/buendnis/5510608.htm>

/Kriz 2007/

Kriz, S.: Umwälzpumpen – unsichtbare Stromfresser, In: Ökologisch Bauen & Renovieren 01/2007 S. 144-155

/LFU 2003/

Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hochhuber, Josef): interne Arbeitsunterlagen zum bestehenden CO₂-Rechner des LFU, Augsburg 2003

/Ministerium für Ernährung und ländlichen Raum Baden Württemberg 1997/

Ministerium für Ernährung und ländlichen Raum Baden Württemberg: Selbstversorgungsgrad in Deutschland und Baden-Württemberg, Stuttgart 1997
http://mlr.baden-wuerttemberg.de/content.pl?ARTIKEL_ID=30005

/Novalantis 2006/

Novalantis (Nachhaltigkeit im ETH Bereich): Legislaturprogramm der Stadt Zürich, Zürich 2006
http://www.novatlantis.ch/frames_d.html

/Öko-Institut 2004/

Öko-Institut: EcoTopTen – Innovationen für einen nachhaltigen Konsum, Freiburg 2004
<http://www.isoe.de/projekte/reload.htm?topten2.htm>

/Pöl-Tec 2007/

Pöl-Tec: Bioethanol Ethanol Kraftstoff, 2007
<http://poel-tec.ipmac.de/kraftstoff/bioethanol.php>

/Prima-Klima 2006/

Prima-Klima weltweit: CO₂-Emissionsbeispiele, Düsseldorf 2006
www.prima-klima-weltweit.de/problem/emission.php3?choice1=problem&choice2=emission

/Schlumpf et al. 1999/

Schlumpf, C. et al.: The personal CO₂-calculator: A modeling tool for participatory integrated assessment methods. In: Environmental Modeling & Assessment 1999; 4;1. S. 4.

/Schrimppf 2003/

Schrimppf, Ernst: Biodiesel oder Pflanzenöl, Freising 2003
http://www.energieverbraucher.de/de/Erneuerbare_Energien/Biomasse/Pflanzenoel/site__1107/

/Stadt Heidelberg 2006/

Amtsanzeiger der Stadt Heidelberg: Energieeffizienz im Heizungskeller, neues Dämmmaterial und warme Frischluft. 14.Jahrgang, Ausgabe Nr. 47, Heidelberg 2006

/StBA 2006a/

Statistisches Bundesamt: Umweltnutzung und Wirtschaft. Bericht zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen 2006, Wiesbaden 2006

/StBA 2006b/

Statistisches Bundesamt: Energieverbrauch der privaten Haushalte trotz Effizienzverbesserungen gestiegen. Pressemitteilung vom 14.11.2006, Wiesbaden 2006

/StBA 2006c/

Statistisches Bundesamt: Die Nutzung von Umweltressourcen durch die Konsumaktivitäten der privaten Haushalte, Wiesbaden 2006

/StBA 2006d/

Statistisches Bundesamt: Direkte CO₂-Emissionen nach Produktionsbereichen im Inland, Wiesbaden 2006

/Stiftung Warentest 2005/

Stiftung Warentest: Kaum Kühlung, reichlich Lärm, Online Test 10.06.2005, Berlin 2005
http://www.stiftung-warentest.de/online/haus_garten/test/1262353/1262353/1265338.html

/SWH 2006/

Stadtwerke Heidelberg: Die heimlichen Stromfresser, Beilage zur Stromrechnung in Zusammenarbeit mit der KliBA, Heidelberg 2006

/Taylor 2000/

Taylor, Corinna: Ökologische Bewertung von Ernährungsweisen anhand ausgewählter Indikatoren, Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen 2000

/UBA 1995/

Umweltbundesamt: Emissionen des Flugverkehrs, Dessau 1995
<http://www.umweltbundesamt.de/verkehr/downloads/emiflug.pdf>

/UBA 2001/

Umweltbundesamt: Maßnahmen zur verursacherbezogenen Schadstoffreduzierung des zivilen Flugverkehrs, Bericht 295 45 085 Dessau 2001
www.umweltdaten.de/verkehr/downloads/emimindflu.pdf

/UBA 2005a/

Umweltbundesamt: Deutsches Treibhausinventar 1990 – 2003, Nationaler Inventarbericht 2005, Dessau 2005
<http://www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/>

/UBA 2005b/

Umweltbundesamt: CO₂-Emissionen nach Emittentengruppen, Dessau 2005
<http://www.env-it.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2842>

/UBA 2006a/

Umweltbundesamt: Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar 1990-2004, Dessau 2006
<http://www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/>

/UBA 2007/

Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2005, Dessau 2007

/UBA 2007/

Umweltbundesamt (Machatschek, M.; Werner, K.): Entwicklungen der spezifische Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix, Dessau 2007

/VDEW 2003/

Verband der Elektrizitätswirtschaft: Haushaltsstromverbrauch nach Anwendungsarten, Berlin 2003
http://www.hea.de/40000_statistik/40305_content.htm

/VDEW 2006/

Verband der Elektrizitätswirtschaft: Haushalte verbrauchen mehr als ein Viertel des Stroms, Berlin 2006
http://www.strom.de/vdew.nsf/id/DE_Haushalte_verbrauchen_mehr_als_ein_Viertel_des_Stroms?open&l=DE&ccm=300010

/VDEW 2007/

Verband der Elektrizitätswirtschaft: Wo kommt der Strom von morgen her?, Berlin 2007
http://www.strom.de/vdew.nsf/id/DE_Versorgungssicherheit

/Weber et al. 1996/

Weber C. et al.: Consumers' Lifestyles and Pollutant Emissions, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Stuttgart 1996

/Weber, Perrels 2000/

Weber, C.; Perrels, A.: Modelling lifestyle effects on energy demand and related emissions, In: Energy Policy 28, S. 549-566.

/WI 1999a/

Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie: Energieeinsparung in

Schulen in NRW, im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Wuppertal 1999

/WI 1999b/

Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie: Demonstrationsvorhaben zur Fundierung und Evaluierung nachhaltiger Konsummuster und Verhaltensstile, im Auftrag des Umweltbundesamts, FKZ 297 12 216/03, Berlin, Wuppertal 1999

/WI 2003/

Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie (Rahmesohl, Stephan): Bedeutung von Erdgas als neuer Kraftstoff im Kontext einer nachhaltigen Energieversorgung, Kurzfassung, Wuppertal 2003

/WI 2006/

Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie: Bedeutung der klimawirksamen Emissionen des PKW-Verkehrs und Bewertung von Minderungsstrategien, Kapitel 4, Wuppertal 2006
www.wupperinst.org/uploads/tx_wibeitrag/ws34.pdf

/Wiegmann et al. 2005/

Wiegmann, K. et al. (Öko-Institut): Ernährungswende – Umweltauswirkungen von Ernährung – Stoffstromanalysen und Szenarien, Darmstadt/Hamburg 2005

/WWF 2000/

World Wide Fund for Nature: Soviel Erdöl steckt in unserer Nahrung, Zürich 2000
www.wwf.ch/german/campaign/ernaehrung.html

/WZU 2004/

Wissenschaftliches Zentrum für Umweltsystemforschung Universität Kassel: Gemeinschaftliche Lebens- und Wirtschaftsweisen und ihre Umweltrelevanz – Auswertung zur Ernährung, Kassel 2004

/Zittel et al. 1996/

Zittel et al. (L-B-Systemtechnik GmbH): Wasserstoff in der Energiewirtschaft, 1996
<http://www.hyweb.de/Wissen/w-i-energiew2.html>

/Zumkeller et al. 2004/

Zumkeller, D. (Universität Karlsruhe): Panelauswertung 2005, Projekt Nr. FE 70.0753/2004, Institut für Verkehrswesen, Karlsruhe 2004

10 Anhang

Anhang A 1

Tab. 34: Ausschnitt aus der Stromverbrauchsmatrix des LFU-Rechners (1 - 3 P-Haushalt)

Haushaltsgröße	1-P-Haushalt			2-P-Haushalt			3-P-Haushalt		
	1650 kWh/a			2800 kWh/a			3600 kWh/a		
	1. A	2. A	3. A	1. A	2. A	3. A	1. A	2. A	3. A
Energiesparlampen	0	-20	-50	0	-30	-60	0	-40	-70
Kühlschrank	-200	0	-100	-200	0	-100	0	0	-150
Geschirrspüler	0	200	150	0	250	200	-300	0	-50
Waschmaschine	-100	0	-20	-150	0	-20	-190	0	-30
Wäschetrockner	0	130	110	0	180	160	0	250	220
Gefriergerät	0	250	150	0	280	180	-300	0	-100
TV/Video	-100	0	0	-100	0	20	-100	0	50
HiFi-Anlage	-30	0	30	-30	0	30	-20	0	20
Computer	0	70	70	0	100	140	-100	0	50
Kleingeräte	-20	0	20	-20	0	20	-30	0	30

Die Tabelle ist nicht vollständig abgebildet, es existieren weiterhin Angaben für 4-, 5-, und 6+-Personenhaushalte.

Hinweis: Der erste Wert bezieht sich jeweils auf die erste Antwortmöglichkeit (z.B. Energiesparlampen – nein), der zweite auf die zweite Antwortmöglichkeit (z.B. Energiesparlampen – einige) und der dritte auf die letzte Antwortmöglichkeit (z.B. Energiesparlampen – überwiegend).

Der Stromverbrauch eines Haushalts ermittelt sich dann aus dem Durchschnitt plus minus der einzelnen Tabellenwerten.

Anhang A 2

Tab. 35: Deutscher Heizspiegel in [kWh/m²/a]

Art: Heizöl				
beheizte Wohnfläche	100 - 250	250 - 500	500 - 1000	> 1000
☺☺	< 119	< 109	< 100	< 94
☺	119 - 186	109 - 174	100 - 162	94 - 155
☹	186 - 264	174 - 249	162 - 234	155 - 226
☹☹	> 264	> 249	> 234	> 226

Anmerkung: Bei Gebäuden mit zentraler Warmwasserbereitung ziehen Sie vom errechneten Wert noch 25 kW ab.*

Art: Erdgas				
beheizte Wohnfläche	100 - 250	250 - 500	500 - 1000	> 1000
☺☺	< 111	< 104	< 96	< 92
☺	111 - 178	104 - 168	96 - 159	92 - 153
☹	178 - 258	168 - 247	159 - 236	153 - 236
☹☹	> 258	> 247	> 236	> 229

Bemerkung: *

Art: Fernwärme				
beheizte Wohnfläche	100 - 250	250 - 500	500 - 1000	> 1000
☺☺	< 92	< 86	< 80	< 76
☺	92 - 145	86 - 138	80 - 130	76 - 125
☹	145 - 210	138 - 201	130 - 191	125 - 185
☹☹	> 210	> 201	> 191	> 185

Bemerkung: *

Quelle: BMU 2005b

Anhang A 3

Tab. 36: Bewertungsschema für den Stromverbrauch in Haushalten

Personen im Haushalt	Stromverbrauch <u>ohne</u> elektrische Warmwasserbereitung (kWh pro Jahr)	Stromverbrauch <u>mit</u> elektrischer Warmwasserbereitung (kWh pro Jahr)	Bewertung
1 Person	unter 800	unter 1500	phantastisch
	800 – 1200	1500 – 1900	gut
	1200 – 1600	1900 – 2300	hoch
	über 1600	über 2300	viel zu hoch
2 Personen	unter 1500	unter 2600	phantastisch
	1500 – 2200	2600 – 3300	gut
	2200 – 2900	3300 – 4000	hoch
	über 2900	über 4000	viel zu hoch
3 Personen	unter 2200	unter 3700	phantastisch
	2200 – 3000	3700 – 4500	gut
	3000 – 3800	4500 – 5300	hoch
	über 3800	über 5300	viel zu hoch
4 Personen	unter 2700	unter 4600	phantastisch
	2700 – 3600	4600 – 5500	gut
	3600 – 4500	5500 – 6400	hoch
	über 4500	über 6400	viel zu hoch
5 Personen	unter 3200	unter 5500	phantastisch
	3200 – 4100	5500 – 6400	gut
	4100 – 5000	6400 - 7300	hoch
	über 5000	über 7300	viel zu hoch

Quelle: SWH 2006

Anhang A 4

Tab. 37: Beispiele für Treibstoffverbrauch pro kg Gemüse bzw. Obst für unterschiedliche Transportmittel und –distanzen.

	fuel	CO₂-emissions	Source
Regionale Produkte	0.1 l Benzin	0,23 kg	WWF 2000 (Ergebnisse aus Jungbluth 2000)
Schweizer Produkte	0.14 l Benzin	0,32 kg	
Europäische Produkte	0.2 l Benzin	0,46 kg	
Übersee-Produkte (Schiffstransport)	0.25 l Benzin	0,57 kg	
Übersee-Produkte (Flugzeugtransport)	4.8 l Benzin	11,0 kg	
Israelische Produkte	1 l Kerosin	2,5 kg	Bund der Energieverbraucher 2006
Äpfel, regionale Produkte	0.0088 l Benzin	0,02 kg	
Äpfel, Neuseeland	4.0 l Kerosin	ca. 10,0 kg	
Region (20 km im Transporter)	0.0014 l Benzin	0,0032 (CO ₂ -Ä.)	Wissenschaftliches Zentrum für Umweltsystemforschung 2004.
Deutschland (165 km mit LKW, Zug und Schiff)	0.0085 l Benzin	0,0184 (CO ₂ -Ä.)	
Europa (480 km mit LKW, Zug und Schiff)	0.02 l Benzin	0,044 (CO ₂ -Ä.)	
Übersee (11750 km mit Schiff und LKW)	0.09 l Benzin	0,2085 (CO ₂ -Ä.)	
Transport Almeria – Heidelberg (2100 km im LKW)	0.06 l Benzin	0,14 kg	eigene Berechnung*

Umrechnungsfaktoren:

1 Liter Benzin = 2,33 kg CO₂ (ifeu 2006), ohne Vorkette

1 kg Kerosin = 3,15 kg CO₂ (UBA 2006)

1 Liter Kerosin = 2,5 kg CO₂ (Kaufmann 2000)

* Laut ifeu Studie für die Deutsche Bahn, entstehen beim LKW-Transport 0,065 g CO₂ pro Kilometer und Kilogramm Bananen. Daraus lässt sich für ein Kilogramm Obst, das über eine Entfernung von 2100 Kilometern (entspricht der Entfernung Almeria-Heidelberg) transportiert wird, ein CO₂-Ausstoß von 0,14 kg ermitteln /ifeu 1999, S. 25/.

Anhang A 5

Tab. 38: Emissionen nach Gütergruppen (alle Gütergruppen)

lfd. PRIVATER KONSUM			
	Produkte	1000 t CO ₂ e	kg CO ₂ /cap/a
11,12,13	Textilien und Bekleidung sowie Lederwaren	17452	211,5
37	Möbel, Schmuck, Sportgeräte, Spielwaren	7064	85,6
16,17,18	Papierwaren, Verlagserzeugnisse, Druckerzeugnisse	6972	84,5
21	Chemische Erzeugnisse	6561	79,5
25,7	Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	6039	73,2
20	pharmazeutische Produkte	3958	48,0
22,23,24	Waren aus Gummi, Kunststoff, Glas	3181	38,6
30	Maschinen	2276	27,6
29,27	Produkte aus Metall	1939	23,5
10	Tabakerzeugnisse	1764	21,4
33	Elektronische Geräte	1730	21,0
34	Mess-, regelungstechnische Geräte	1071	13,0
31	Büromaschinen, Datenverarbeitung	1016	12,3
2	Holzwaren	669	8,1
14,15	Tabakerzeugnisse	512	6,2
	SUMME		754,0

	Dienstleistungen	1000 t CO ₂ e	kg CO ₂ /Pers/a
45,46	Dienstleistung Großhandel und Einzelhandel	37991	460,5
47	Beherbergung und Gaststätten	21343	258,7
56	Dienstleistung des Grundstücks und Wohnungswesens	12062	146,2
65	Gesundheits- Veterinär- Sozialwesen	11770	142,7
68	Kultur, Sport, Unterhaltung	6697	81,2
53	DL Nachrichtenübermittlung	5300	64,2

55,56	DL Versicherungswesen	4758	57,7
49	Sonst. Landverkehrs und Transport-DL in Rohrfernleitungen	4687	56,8
69	Sonstige DL	4011	48,6
64	DL Erziehung und Unterricht	3939	47,7
54	DL Kreditinstitute	3170	38,4
67	DL Interessensvertretung, Kirchen	1503	18,2
61	Unternehmerbezogene DL	1038	12,6
43	Bauinstallations- und sonstige Bauarbeiten	961	11,6
62	DL öffentliche Verwaltung	832	10,1
58	DL Vermietung bewegl. Sachen	257	3,1
59	DL Datenverarbeitung	102	1,2
	SUMME		1459,6

	Konsum (Verkehr)	1000 t CO2 e	kg CO2/Pers/a
35	Kraftwagen und Kraftwagenteile	15480	187,6
51	DL Luftfahrt	12548	152,1
48	Eisenbahnleistungen	5965	72,3
44	Handel mit Kfz (Instandhaltung, Reparatur, Kraftstoffe)	5766	69,9
52	Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr	2742	33,2
36	sonstige Fahrzeuge (Schiffe, Luft- Raumfahrt)	1229	14,9
50	DL Schifffahrt	330	4
	SUMME		534,1

GESAMTSUMME PRIVATER KONSUM**2747,7**

	ÖFFENTLICHER KONSUM	1000 t CO2 e	kg CO2/Pers/a
66	DL Abwasser, Abfallbeseitigung, Entsorgung	12220	148,1
41	Wasser und DL Wasserversorgung	2080	25,2
60	Forschung und Entwicklung privater Organisationen	888	10,8
	SUMME		184,1

ERNÄHRUNG			
1	Erzeugnisse Landwirtschaft, Jagd	37869	459,0
3	Fische und Fischereierzeugnisse	169	2,0
8	Nahrungs- und Futtermittel	85307	1034,0
9	Getränke	8382	101,6
	SUMME		1596,7

WOHNEN, MOBILITÄT			
4	Kohle, Torf	4364	52,9
5	Erdöl, Erdgas	67179	814,3
19	Kokereierz., Mineralölerz., Spalt- und Brutstoffe	167636	2032
32	Geräte der Elektrizitätserzeugung und -vertlg.	383	4,6
39	Elektrizität und Fernwärme	153517	1860,8
40	Verteilung von Gasen	5064	61,4
	SUMME		4826,0

Quelle: StBA 2006c

Anhang A 6

Für die Berechnung der Emissionen aus den einzelnen Handlungsfeldern werden für die aktuellen Versionen (Stand Mai 2007) der CO₂-Rechner folgende Emissionsfaktoren empfohlen:

Tab. 39: Emissionsfaktoren im Bereich Wohnen

Energieträger	[kg CO ₂ Äqu. / kWh _{EE}]	kWh / übliche Einheit (nach EnEV)	übliche Einheit	Quelle
Strom	0,605	1	kWh	ifeu 2007b (Bilanzjahr 2005)
Ökostrom	0,04	1	kWh	GEMIS 4.2 Mix mit 80% Wasserkraft
Erdgas	0,24	0,9 (unterer Heizwert) 9	kWh m ³	Ecoinvent 1.2 (Vorkette) DEHSt 2004
Flüssiggas	0,285	13,0 (6,6)	kg (Liter)	GEMIS 4.2
Heizöl (leicht)	0,302	10,0	Liter	Ecoinvent 1.2 (Vorkette) DEHSt 2004
Heizöl (schwer)	0,314			Ecoinvent 1.2 (Vorkette) DEHSt 2004
Fernwärme	0,13	1	kWh	ifeu 2007b (Bilanzjahr 2005)
Braunkohlebriketts	0,481	5,5	kg	Ecoinvent 1.2 (Vorkette) DEHSt 2004
Steinkohlebriketts	0,374	8,0	kg	Ecoinvent 1.2 (Vorkette) DEHSt 2004
Holz hackschnitzel	0,045	650	SRm	Ecoinvent 1.2 (Vorkette) DEHSt 2004
Holz pellets	0,045	5,0	kg	
Stückholz	0,014	1850 (4,1)	Ster (kg)	

Hinweis: Diese Werte berücksichtigen die Treibhausgase CO₂, CH₄, N₂O und die Vorkette bei der Energiebereitstellung ohne Industrieanlagen. Sie werden für den Rechner jährlich aktualisiert.

Die Emissionen der Vorkette beruhen auf Daten aus Ecoinvent 1.2¹; die Emissionen bei der Verbrennung entsprechen Angaben der deutschen Emissionshandelsstelle /DEHSt 2004/. Als Strom-Mix für die Bundesbürger wird der bundesdeutsche Mix angesetzt. Damit wird eine Vergleichbarkeit der Stromemissionen auf Bundesebene hergestellt.

Die Berücksichtigung eines regionalen Strom-Mixes (oder auch des Händler-Mixes) wird im Rahmen der, vom ifeu Institut unterstützten Bürgertools ausgeschlossen, um die bundesweite Vergleichbarkeit nicht zu gefährden. Bemühungen bei der Reduzierung des Stromverbrauchs haben dann überall den gleichen CO₂-Einspareffekt.

Nur wer explizit Ökostrom unterstützt, leistet auch bilanztechnisch einen Beitrag in Richtung nachhaltige Stromversorgung.

Da es bei Ökostrom noch keine eindeutige bundesweite Bilanzierungsvorschrift gibt, wird Ökostrom mit einem fixen spezifischen CO₂- Faktor hinterlegt.

Je nach Modell werden zusätzlich zum Ökostrombezug (Händlermodell) auch noch weitere Neuanlagen mit 1 bis 2 Cent/kWh gefördert (Fondsmodell). Damit kann Ökostrom schon ein Teil der CO₂- Kompensation sein. Dies wird bei der Bilanzierung in der jetzigen Phase nicht berücksichtigt.

¹ Als Hauptquelle für Emissionsfaktoren wurde das Schweizer Institut „Swiss Centre for Life Cycle Inventories“ gewählt. Die genaue Dokumentation, Übereinstimmung mit offiziellen Emissionsfaktoren und ein stetiger Austausch mit Wissenschaftlern sprechen für das Institut. Die Datenbank findet in der Ökobilanzierung bereits breite Anerkennung.

Tab. 40: Emissionsfaktoren im Bereich Mobilität

Treibstoff	kg CO ₂ Äqu. / Einheit	Quellen	Vergleich ohne Vorkette (analog Autoindustrie) [kg CO ₂ /Liter Treibstoff]
Benzin ²	2,78 kg/L	ifeu 2007a (TREMODO 2005)	2,35 (nach Helms, Lambrecht 2005)
Diesel ³	2,84 kg/L	ifeu 2007a (TREMODO 2005)	2,65 (nach Helms, Lambrecht 2005)
Bio-Diesel (RME)	0,92 kg/L	ifeu 2007 laufendes Update der Datenbank	
Bio-Ethanol (80 %Weizen, 20 % Zuckerrübe)	0,93 kg/L	ifeu 2007b (Bilanzierungs- jahr 2005)	
Erdgas (CNG)	3,3 kg/kg ⁴	Wert für etwa 2007, auf Basis von ifeu 2007c	2,509 kg CO ₂ /kg fuel (Helms, Lambrecht 2005)
Flüssiggas (LPG)	1,89 kg/L	GEMIS 4.2, 2004	(3,075 g CO ₂ /g fuel) 1,72 (nach Helms, Lambrecht 2005) ⁵
Elektrizität	Elektrofahrzeuge entfallen, ihr Anteil ist absolut marginal. Aufladestrom taucht unter „Haushalt“ auf.		

Als zusätzliche Information erhält der Nutzer aus dem Angabenprofil die direkt verursachten CO₂-Emissionen pro km. Diese Werte beziehen sich im Unterschied zur Rechnung nur auf die CO₂-Emissionen bei der Verbrennung, so wie sie die Autoindustrie verwendet. Die Diskussion um Grenzwerte hat die Autofahrer in diese Richtung sensibilisiert.

² Dichte Benzin: 0,742 kg/L

³ Dichte Diesel: 0,832 kg/L

⁴ Dichte CNG: 0,696 kg/m³ (200 bar, 15°C, Quelle ADAC)

⁵ Dichte LPG: 0,56 kg/L

Tab. 41 Emissionsfaktoren ÖV

	kg CO ₂ Äqu./Pkm	Quelle
Zug-Fernverkehr	0,064	ifeu 2006b
Zug-Nahverkehr	0,101 < 0,117 >*	ifeu 2006b, < ifeu 2003 >
ÖPNV	0,076 < 0,050 >*	ifeu 2006b; < ifeu 2003 >
Reisebus	0,032	ifeu 2006b
Gewichteter Faktor (für die Auswertung)	0,082	ifeu 2006b ohne Reisebus und Flugverkehr!
Flug Langstrecke	0,133	ifeu 2006b
Flug Kurzstrecke	0,193	ifeu 2006b

Die Werte im Flugverkehr enthalten bereits die Einflussfaktoren Auslastung und Beiladefracht. Flüge ab 400 km Länge erhalten für jeden Kilometer nach dem vierhundertsten Streckenkilometer den dreifachen Emissionsfaktor. Die höhere Bewertung bildet die steigende Klimawirksamkeit für Flugzeugabgase in der Atmosphäre ab (RFI-Faktor).