

Endbericht zur Kurzstudie:

Lebenswegbezogene Emissionsdaten für Strom- und Wärmebereitstellung, Mobilitätsprozesse sowie ausgewählte Produkte für die Beschaffung in Deutschland

für die Forschungsstätte der Evangelischen
Studiengemeinschaft e. V. (FEST)

erstellt von

Uwe R. Fritsche, Lothar Rausch

Bereich Energie & Klimaschutz (Darmstadt)

Eva Brommer

Bereich Produkte & Stoffströme (Freiburg)

Darmstadt, November 2011

Öko-Institut e.V.

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95

D-64295 Darmstadt

T +49 (6151) 8191-0

F +49 (6151) 8191-33

Geschäftsstelle Freiburg

Merzhauser Straße 173

D-79100 Freiburg

T: +49 (761) 452950

F +49 (761) 475437

Büro Berlin

Schicklerstraße 5-7

D-10179 Berlin

T +49 (30) 405085-0

F +49 (30) 405085-388

www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	iii
1 Anlass und Überblick.....	1
2 Durchgeführte Arbeiten	1
2.1 THG-Daten für Strom- und Wärmebereitstellung sowie Mobilitätsprozesse	1
2.2 Daten für ausgewählte Produkte aus der Beschaffung	2
3 Ergebnisse für die THG-Daten von Strom- und Wärmebereitstellung sowie Mobilitätsprozessen	3
3.1 Strombereitstellung	3
3.2 Wärmebereitstellung	6
3.3 Mobilitätsprozesse	9
4 Ergebnisse zu den THG-Emissionen ausgewählter Produkte für die Beschaffung	12
4.1 Annahmen zu EDV-Produkten	14
4.2 Annahmen zu den Papier- und Textilprodukten	18
4.3 Annahmen zu den Fenster-Produkten	21
4.4 Annahmen zu sonstigen Produkten	21
Literaturverzeichnis	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Emissionen für die Strombereitstellung im Jahr 2005	4
Tabelle 2	Emissionen für die Strombereitstellung im Jahr 2010	5
Tabelle 3	Emissionen für die Wärmebereitstellung im Jahr 2005	6
Tabelle 4	Emissionen für die Wärmebereitstellung im Jahr 2010	7
Tabelle 5	Brennstoffbezogene Emissionen der Wärmebereitstellung 2005	8
Tabelle 6	Brennstoffbezogene Emissionen der Wärmebereitstellung 2010	8
Tabelle 7	Emissionen für Mobilitätsprozesse im Jahr 2005	9
Tabelle 8	Kraftstoffbezogene Emissionen im Jahr 2005	10
Tabelle 9	Emissionen für Mobilitätsprozesse im Jahr 2010	10
Tabelle 10	Kraftstoffbezogene Emissionen im Jahr 2010	11
Tabelle 11	THG-Emissionen von ausgewählten Produkten	12
Tabelle 12	Jährlicher Energieverbrauch von LCD-Monitoren	14
Tabelle 13	Kenndaten von Netbooks	15
Tabelle 14	Durchschnittliche Nutzung eines Notebooks	16
Tabelle 15	Gewichtung der Betriebsmodi – stationärer Computer (Desktop-PC)	17
Tabelle 16	TEC-Werte (kWh) der effizientesten, der ineffizientesten und der durchschnittlichen Geräte pro ENERGY STAR-Kategorie (in Grundausstattung)	17
Tabelle 17	Anteile der Nutzungsphase an den gesamten THG-Emissionen eines durchschnittlichen Desktop Rechners	17
Tabelle 18	Anteile der Nutzungsphase an den gesamten THG-Emissionen eines effizienten Desktop Rechners	17

1 Anlass und Überblick

Die Forschungsstätte der Evangelischen Studiengemeinschaft e.V. (FEST) beauftragte das Öko-Institut mit der Bereitstellung lebenswegbezogener Daten zu den Emissionen an Treibhausgasen (THG) für

- a) verschiedene Optionen zur Strom- und Wärmebereitstellung sowie Mobilitätsprozesse in Deutschland
- b) ausgewählte Produkte aus dem Bereich Beschaffung

zu ermitteln.

Die Fragestellung wurde bei einem Arbeitsgespräch und durch verschiedene emails konkretisiert.

Im Folgenden wird ein kurzer **Ergebnisbericht** zu der Kurzstudie vorgelegt.

Der Bericht umfasst

- die knappe Darstellung der durchgeführten Arbeiten (Abschnitt 2),
- die Ergebnisse der Arbeiten zu a) im Abschnitt 3 sowie
- die Ergebnisse der Arbeiten zu b) im Abschnitt 0, der auch ergänzend eine kurze Datendokumentation enthält

2 Durchgeführte Arbeiten

2.1 THG-Daten für Strom- und Wärmebereitstellung sowie Mobilitätsprozesse

Die Arbeiten bestanden im Kern darin, mit Hilfe des Computermodells GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme, siehe www.gemis.de) Emissionsfaktoren für

- Treibhausgase (CO₂-Äquivalente und CO₂) sowie
- ausgewählte Luftschadstoffe (SO₂-Äquivalente sowie SO₂, NO_x, PM₁₀)

für definierte Prozessketten zu berechnen und die Ergebnisse zu dokumentieren. Bezugsjahre waren dabei 2005 und 2010, die Energie- und Mobilitätsprozesse wurden für deutsche Randbedingungen betrachtet.

2.1.1 Daten zur Strombereitstellung

Im ersten Arbeitspunkt wurden Emissionsbilanzen für das deutsche nationale Stromerzeugungsmix sowie für ein zertifiziertes Ökostromangebot bestimmt, wobei die Schnittstelle jeweils die Stromabgabe frei Haushalte (Niederspannungsebene) darstellt.

Zusätzlich wurden strombezogene Emissionsfaktoren für die einzelnen Kraftwerke (bundestypische Anlagen) und dezentrale Erzeugungsoptionen einbezogen.

Die Zahl der dezentralen Optionen wird auf maximal 20 begrenzt, es werden insbesondere Prozesse zur Kraft-Wärme-Kopplung und zu erneuerbaren Energien berücksichtigt. Die entsprechende Auswahl erfolgte in Abstimmung mit der FEST.

2.1.2 Daten zur Wärmebereitstellung

Im zweiten Arbeitsschritt wurden die Emissionsdaten für ausgewählte Systeme zur Wärmebereitstellung berechnet.

Wie beim Storm wurde auch hier die Zahl der dezentralen Optionen auf maximal 20 begrenzt und es werden insbesondere Prozesse zur Kraft-Wärme-Kopplung und zu erneuerbaren Energien berücksichtigt und die entsprechende Auswahl erfolgte in Abstimmung mit der FEST.

2.1.3 Daten zu Mobilitätsprozessen

Im dritten Arbeitsschritt wurden die Emissionsdaten für ausgewählte Mobilitätsprozesse ermittelt. Die Darstellung erfolgt dabei jeweils inklusive Treibstoffvorketten, aber ohne die Vorketten zur Fahrzeugproduktion.

Es wird zwischen motorisiertem Individualverkehr (MIV) und Öffentlichem Verkehr (ÖV) unterschieden.

Beim MIV werden Pkw (Benzin, Diesel) nach Gewichtsklassen (leicht, mittel, schwer) differenziert und typische Durchschnittswerte für die Referenzjahre ermittelt.

Beim ÖV wurde in Nah- und Fernverkehr differenziert und beim Flugverkehr in Kurz- und Langstrecken.

2.2 Daten für ausgewählte Produkte aus der Beschaffung

In Absprache mit der FEST wurden folgende Produkte ausgewählt, die bei der Beschaffung von Relevanz sind:

- Notebooks + Netbooks sowie Desktop-Rechner
- Monitore und Drucker
- Toilettenpapier (aus Frischfaser und Recycling)
- Kopierpapier (500 Blatt) (für Frischfaser- sowie für Recyclingpapier)
- Papierhandtücher und Mehrweg-Baumwoll-Rolle
- Bauprodukte: Fenster (Alu, Holz, Kunststoff), Türen (Holz)

Ergänzend wurden Daten für Polyethylen (LDPE) und Stahl recherchiert, aus denen die THG-Emissionen für Produkte wie Ordner und Prospekthüllen abgeschätzt werden können.

3 Ergebnisse für die THG-Daten von Strom- und Wärmebereitstellung sowie Mobilitätsprozessen

Die folgenden Tabellen geben die Ergebnisse der Lebenswegberechnungen mit GEMIS für die ausgewählten Prozesse zur Strom- und Wärmebereitstellung sowie Mobilitätsprozessen wieder.

3.1 Strombereitstellung

Die nachfolgenden Ergebnisse beziehen sich auf die gesamten Emissionen inkl. Vorketten, Hilfsenergien und Herstellung der Anlagen.

Strommix-DE-lokal beinhaltet alle anrechenbaren Emissionen zur Bereitstellung von Strom frei Haushalt. Die Verluste auf den Übertragungs- und Verteilnetzen sind eingerechnet. Der Öko-Strom-lokal bildet ein fiktives Produkt ab, bei dem die Erzeugung mit einem Anlagenmix regenerativer Energieträger erfolgt. Die Verluste der Verteilung sind auch hier eingerechnet. Es ist zu beachten, dass hiermit nicht die üblicherweise angebotenen Öko-Strom Produkte zuzuordnen sind. In den wenigsten Fällen erfolgt die Erzeugung marktüblicher Öko-Strom-Produkte mit neuen Anlagen. Stromproduktion in alten Anlagen, die quasi aus dem Mix der allgemeinen Stromproduktion herausgekauft wird, führt zu keiner Entlastung der Umwelt. Selbst der OK-Power Label Standard schreibt nur vor, dass 25% des verkauften Stromes in neuen Anlagen produziert wird. Weitere Informationen, wie der Umweltnutzen von Öko-Strom zu werten ist finden sich in dem Standpunktpapier ‚Umweltnutzen und CO₂-Faktor Ökostrom‘ von IFEU, Öko-Institut, Wuppertal-Institut und Ö-Quadrat.

Alle weiteren Emissionsfaktoren von reinen Erzeugungssystemen beinhalten nicht mehr die Verluste aus der Verteilung.

Tabelle 1 Emissionen für die Strombereitstellung im Jahr 2005

Angaben in g/kWh _{el}	CO ₂ e	CO ₂	SO ₂	NO _x	PM ₁₀
Strommix-DE lokal	618	590	0,35	0,55	0,03
Öko-Strom lokal	43	38	0,04	0,14	0,02
Kohle-Mix	1109	1071	0,69	0,93	0,07
- Braunkohle	1086	1017	0,99	1,14	0,12
- Steinkohle	1130	1118	0,42	0,74	0,02
Erdgas	427	400	0,01	0,66	0,01
AKW	28	27	0,08	0,11	0,02
Wasserkraft	40	39	0,01	0,08	0,02
Windkraft	24	23	0,02	0,05	0,01
Photovoltaik	134	122	0,14	0,18	0,07
Biomasse-Mix	91	39	0,14	0,69	0,03
- Biogas-Gülle	68	43	0,20	0,55	0,02
- Biogas-Mais	215	72	0,26	0,87	0,06
- Altholz	18	13	0,02	0,65	0,02
Müll inkl. biogene Anteile	92	71	0,55	1,82	0,03
Durchschnittswert EE, o. Müll	45	32	0,05	0,21	0,02

Quelle: GEMIS 4.7

Die entsprechenden Daten für die Strombereitstellung im Jahr 2010 zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 2 Emissionen für die Strombereitstellung im Jahr 2010

Angaben in g/kWh _{el}	CO ₂ e	CO ₂	SO ₂	NO _x	PM ₁₀
Strommix-DE lokal	582	558	0,35	0,58	0,04
Öko-Strom lokal	4	3	0,04	0,14	0,02
Kohle-Mix	938	911	0,37	0,54	0,05
- Braunkohle	857	810	0,58	0,73	0,06
- Steinkohle	1009	1000	0,19	0,37	0,04
Erdgas	404	377	0,01	0,54	0,01
AKW	29	28	0,08	0,11	0,02
Wasserkraft	39	38	0,01	0,08	0,02
Windkraft	25	24	0,02	0,05	0,01
Photovoltaik	123	111	0,13	0,17	0,07
Biomasse-Mix	83	34	0,13	0,65	0,03
- Biogas-Gülle	61	36	0,18	0,50	0,02
- Biogas-Mais	196	63	0,23	0,78	0,05
- Altholz	18	13	0,02	0,65	0,02
Müll inkl. biogene Anteile	115	102	0,30	1,33	0,02
Durchschnittswert EE, o. Müll	44	31	0,04	0,21	0,02

Quelle: GEMIS 4.7

Die steigenden Anteile von erneuerbaren Energien senken die THG-Emissionen deutlich, und auch die von Fotovoltaik und Bioenergie sinken weiter.

Dieser Prozess wird sich in den kommenden Jahren tendenziell weiter fortsetzen, kann jedoch teilweise durch stärkere Nutzung von Kohle- und Erdgaskraftwerken für den Ersatz von Atomstrom kompensiert werden.

3.2 Wärmebereitstellung

Die Emissionen bei der Bereitstellung von Wärme aus Heizungen sowie aus Fern- und Nahwärme (mit Kraft-Wärme-Kopplung) zeigt die folgende Tabelle.

Wie beim Strom beziehen sich die nachfolgenden Ergebnisse auf die gesamten Emissionen inkl. Vorketten, Hilfsenergien und Herstellung der Anlagen.

Tabelle 3 Emissionen für die Wärmebereitstellung im Jahr 2005

Angaben in g/kWh _{end}	CO ₂ e	CO ₂	SO ₂	NO _x	PM ₁₀
Heizöl (Haushalte)	320,4	316,9	0,382	0,199	0,023
Heizöl (Industrie)	313,4	308,6	0,373	0,312	0,025
Erdgas	252,1	226,4	0,012	0,181	0,007
Holzpellets	24,2	21,5	0,129	0,303	0,065
Holz-Hackschnitzel	33,4	27,8	0,125	0,487	0,222
Stückholz	16,9	7,4	0,128	0,195	0,186
Flüssiggas	277,2	273,1	0,157	0,188	0,016
Fernwärme Mix-DE*	288,1	267,2	0,179	0,370	0,018
- Steinkohle-EK	285,4	262,9	0,271	0,179	0,020
- Steinkohle-GD	307,8	285,0	0,379	0,404	0,022
- Braunkohle-GD	343,9	331,8	0,163	0,338	0,032
- Gas-GuD-HKW	150,2	139,5	0,004	0,251	0,004
- Müll-HKW	34,7	31,1	0,031	0,453	0,005
- Gas Spitzenkessel	257,8	231,2	0,013	0,305	0,005
- Öl-leicht Spitzenkessel	328,0	323,6	0,382	0,223	0,019
Nahwärme*					
- Gas-BHKW 110 kWel	182,0	162,2	0,005	0,236	0,007
- Gas-BHKW 250 kWel	179,2	159,7	0,005	0,233	0,007
- Gas-BHKW 500 kWel	174,1	155,2	0,005	0,226	0,007
- Gas Spitzenkessel	258,1	231,3	0,014	0,305	0,005
- Öl-leicht Spitzenkessel	328,4	323,7	0,382	0,228	0,019

*= Fern- bzw. Nahwärme frei Netzeinspeisung, d.h. ohne Netzverluste und Pumpstrom, ohne Spitzenkessel; die anteilige KWK-Stromerzeugung wurde durch energiebezogene Allokation herausgerechnet, d.h. die Nah- bzw. Fernwärmedaten beziehen sich **allein auf die bereitgestellte KWK-Wärme**

Quelle: GEMIS 4.7

Die entsprechenden Daten für die Wärmebereitstellung im Jahr 2010 zeigt die folgende Tabelle.

Ergebnisbericht zur Kurzstudie „Lebenswegbezogene Emissionsdaten für Strom- und Wärmebereitstellung, Mobilitätsprozesse sowie ausgewählte Produkte zur Beschaffung in Deutschland“

Tabelle 4 Emissionen für die Wärmebereitstellung im Jahr 2010

Angaben in g/kWh _{end}	CO ₂ e	CO ₂	SO ₂	NO _x	PM ₁₀
Heizöl (Haushalte)	316,2	313,2	0,286	0,184	0,022
Heizöl (Industrie)	309,5	305,3	0,277	0,245	0,016
Erdgas	249,7	225,4	0,011	0,177	0,006
Holzpellets	23,1	20,5	0,129	0,289	0,065
Holz-Hackschnitzel	23,1	18,1	0,110	0,382	0,144
Stückholz	16,5	7,1	0,128	0,195	0,186
Flüssiggas	263,6	261,0	0,082	0,165	0,013
Fernwärme Mix-DE*	263,9	246,0	0,138	0,370	0,016
- Steinkohle-EK	276,8	258,7	0,241	0,167	0,019
- Steinkohle-GD	298,5	280,5	0,346	0,391	0,021
- Braunkohle-GD	342,3	330,3	0,160	0,335	0,032
- Gas-GuD-HKW	149,0	139,0	0,003	0,248	0,003
- Müll-HKW	34,7	31,1	0,031	0,453	0,005
- Gas Spitzenkessel	282,1	254,1	0,013	0,333	0,005
- Öl-leicht Spitzenkessel	323,2	319,4	0,286	0,209	0,018
Nahwärme*					
- Gas-BHKW 110 kWel	keine neuen Daten				
- Gas-BHKW 250 kWel	keine neuen Daten				
- Gas-BHKW 500 kWel	172,7	154,7	0,004	0,223	0,007
- Gas Spitzenkessel	255,4	229,9	0,012	0,301	0,005
- Öl-leicht Spitzenkessel	323,6	319,5	0,286	0,214	0,018

*= Fern- bzw. Nahwärme frei Netzeinspeisung, d.h. ohne Netzverluste und Pumpstrom, ohne Spitzenkessel; die anteilige KWK-Stromerzeugung wurde durch energiebezogene Allokation herausgerechnet, d.h. die Nah- bzw. Fernwärmedaten beziehen sich **allein auf die bereitgestellte KWK-Wärme**

Quelle: GEMIS 4.7

Ähnlich wie beim Strom sinken auch die spezifischen Emissionen der Wärmebereitstellung im Jahr 2010 leicht gegenüber denen im Jahr 2005.

Auch hier wird sich in den nächsten Jahren die Reduktion tendenziell fortsetzen.

Um die o.g. Ergebnisse, die je kWh eingesetzter Brennstoffenergie ausgewiesen sind, in anschaulicheren Kenngrößen darzustellen, zeigen die folgenden Tabellen die Emissionen bezogen auf Volumen bzw. Masse der eingesetzten Brennstoffe.

Ergebnisbericht zur Kurzstudie „Lebenswegbezogene Emissionsdaten für Strom- und Wärmebereitstellung, Mobilitätsprozesse sowie ausgewählte Produkte zur Beschaffung in Deutschland“

Tabelle 5 Brennstoffbezogene Emissionen der Wärmebereitstellung 2005

	CO₂e	CO₂	SO₂	NO_x	PM₁₀	Einheit
Erdgas je m ³	2.513	2.238	0,12	1,79	0,07	g/m ³
Heizöl je Liter	3.190	3.153	3,80	1,98	0,23	g/l
Holz-Scheit je kg	68	29	0,50	0,76	0,72	g/kg
Holz-Pellets je kg	110	97	0,58	1,37	0,29	g/kg

Quelle: GEMIS 4.7

Tabelle 6 Brennstoffbezogene Emissionen der Wärmebereitstellung 2010

	CO₂e	CO₂	SO₂	NO_x	PM₁₀	Einheit
Erdgas je m ³	2.488	2.228	0,11	1,75	0,06	g/m ³
Heizöl je Liter	3.148	3.116	2,84	1,83	0,22	g/l
Holz-Scheit je kg	67	28	0,50	0,76	0,72	g/kg
Holz-Pellets je kg	105	93	0,58	1,31	0,29	g/kg

Quelle: GEMIS 4.7

Zu beachten ist bei den Tabellen oben, dass hier die Zeilen nicht untereinander verglichen werden dürfen, da die Volumen bzw. Massen unterschiedliche Energiemengen repräsentieren.

3.3 Mobilitätsprozesse

Die folgende Tabelle zeigt die Emissionen, die bei der Nutzung von Kraftstoffen in typischen Fahrzeugen entstehen. Auch hier sind die Vorketten sowie die direkten Emissionen aus der Verbrennung im Fahrzeug einbezogen, nicht aber die Herstellung der Fahrzeuge.

Tabelle 7 Emissionen für Mobilitätsprozesse im Jahr 2005

Verkehrsmittel	CO ₂ e	CO ₂	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	Einheit
Pkw (Benzin)*	233	231	0,159	0,130	0,011	g/P*km
Pkw (Benzin, klein)*	191	189	0,130	0,122	0,009	g/P*km
Pkw (Benzin, mittel)*	245	242	0,168	0,125	0,012	g/P*km
Pkw (Benzin, groß)*	315	312	0,216	0,182	0,015	g/P*km
Pkw (Diesel)*	214	210	0,591	0,300	0,024	g/P*km
Pkw (Diesel, klein)*	135	132	0,189	0,369	0,020	g/P*km
Pkw (Diesel, mittel)*	196	193	0,276	0,399	0,023	g/P*km
Pkw (Diesel, groß)*	250	247	0,352	0,450	0,025	g/P*km
Pkw (Biodiesel, mittel)	134	54	1,952	0,096	0,049	g/P*km
Pkw (Erdgas, mittel)	191	146	0,076	0,008	0,003	g/P*km
Pkw (Flüssiggas, mittel) **	196	192	0,153	0,084	0,010	g/P*km
Pkw (alle, Mittelwert)	226	223	0,377	0,212	0,016	g/P*km
Eisenbahn Nahverkehr	73	68	0,097	0,051	0,005	g/P*km
Eisenbahn Fernverkehr	13	12	0,017	0,009	0,001	g/P*km
Eisenbahn-Mix	37	34	0,049	0,026	0,002	g/P*km
Straßen-, S- und U-Bahn	57	53	0,075	0,039	0,004	g/P*km
Linienbus	60	60	0,344	0,085	0,004	g/P*km
Linienbus, 20 Pers.	1209	1197	6,87	1,71	0,08	g/km
ÖPNV-Mix	59	57	0,236	0,067	0,004	g/P*km
Reisebus	48	48	0,292	0,068	0,005	g/P*km
Reisebus, 30 Pers.	1444	1430	8,75	2,04	0,15	g/km
Flugzeug (Inland)	206	204	1,251	0,665	0,009	g/P*km
Flugzeug (Ausland)	141	139	0,854	0,454	0,006	g/P*km

* = ohne Biokraftstoff-Anteile; ** ohne Tankverluste

Quelle: GEMIS 4.7

Die Daten im Jahr 2005 sind für alle Prozesse ohne die (geringen) Anteile an den fossilen Energieträgern beigemischten Biokraftstoffen berechnet.

Um die o.g. Ergebnisse, die je Personen- bzw. Fahrzeugkilometer ausgewiesen sind, in anschaulicheren Kenngrößen darzustellen, zeigt die folgende Tabelle die Emissionen bezogen auf Volumen bzw. Masse der eingesetzten Kraftstoffe.

Tabelle 8 Kraftstoffbezogene Emissionen im Jahr 2005

Treibstoff	CO ₂ e	CO ₂	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	Einheit
Benzin, genutzt in Pkw*	2898	2868	1,98	1,48	0,14	g/l
Diesel, genutzt in Pkw*	3118	3068	4,38	6,33	0,37	g/l
Erdgas, genutzt in Pkw**	255	195	0,10	0,01	0,004	g/kWh
Erdgas, genutzt in Pkw**	3209	2454	1,27	0,14	0,046	g/kg
Flüssiggas, genutzt in Pkw **	3344	3282	2,61	1,44	0,16	g/kg
Flüssiggas, genutzt in Pkw **	1806	1772	1,41	0,78	0,09	g/l
Biodiesel genutzt in Pkw ***	1948	777	28,36	1,39	0,71	g/l

* = ohne Biokraftstoff-Anteile; ** ohne Tankverluste; *** aus Raps, ohne LUC-Effekte;

Zu beachten ist, dass in der Tabelle oben die Zeilen nicht untereinander verglichen werden dürfen, da sie unterschiedliche Energiemengen repräsentieren. Bei den nachfolgenden Daten für das Jahr 2010 sind die Biokraftstoffanteile einbezogen.

Tabelle 9 Emissionen für Mobilitätsprozesse im Jahr 2010

Verkehrsmittel	CO ₂ e	CO ₂	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	Einheit
Pkw (Benzin)*	201	198	0,088	0,128	0,014	g/P*km
Pkw (Benzin, klein)*	172	169	0,075	0,312	0,025	g/P*km
Pkw (Benzin, mittel)*	207	204	0,090	0,181	0,007	g/P*km
Pkw (Benzin, groß)*	270	266	0,118	0,303	0,065	g/P*km
Pkw (Diesel)*	198	189	0,058	0,268	0,010	g/P*km
Pkw (Diesel, klein)*	129	123	0,052	0,376	0,010	g/P*km
Pkw (Diesel, mittel)*	182	174	0,074	0,404	0,013	g/P*km
Pkw (Diesel, groß)*	232	222	0,094	0,457	0,016	g/P*km
Pkw (Biodiesel)**	132	52	1,809	0,088	0,035	g/P*km
Pkw (Erdgas)	172	155	0,007	0,104	0,003	g/P*km
Pkw (Flüssiggas)***	177	174	0,051	0,087	0,007	g/P*km
Pkw (alle, Mittelwert)	200	195	0,085	0,237	0,014	g/P*km
Eisenbahn Nahverkehr	64	60	0,082	0,036	0,004	g/P*km
Eisenbahn Fernverkehr	11	11	0,014	0,006	0,001	g/P*km
Eisenbahn-Mix	33	30	0,041	0,018	0,002	g/P*km
Straßen-, S- und U-Bahn	52	48	0,066	0,029	0,003	g/P*km
Linienbus	55	53	0,185	0,022	0,004	g/P*km
Linienbus, 20 Pers.	1094	1055	3,71	0,45	0,09	g/km
ÖPNV-Mix	54	51	0,138	0,025	0,004	g/P*km
Reisebus	44	42	0,159	0,018	0,005	g/P*km
Reisebus, 30 Pers.	1307	1260	4,78	0,53	0,15	g/km
Flugzeug (Inland)	236	234	1,373	0,731	0,010	g/P*km
Flugzeug (Ausland)	153	152	0,889	0,473	0,006	g/P*km

* = inkl. Biokraftstoff-Anteile; aus Raps, ohne LUC-Effekte; *** ohne Tankverluste (Quelle: GEMIS 4.7)

Um die o.g. Ergebnisse, die je Personen- bzw. Fahrzeugkilometer ausgewiesen sind, in anschaulicheren Kenngrößen darzustellen, zeigt die folgende Tabelle die Emissionen bezogen auf Volumen bzw. Masse der eingesetzten Kraftstoffe.

Tabelle 10 Kraftstoffbezogene Emissionen im Jahr 2010

Kraftstoff	CO₂e	CO₂	SO₂	NO_x	PM₁₀	Einheit
Benzin, genutzt in Pkw*	2876	2825	1,25	2,52	0,09	g/l
Diesel, genutzt in Pkw*	2979	2852	1,21	6,63	0,22	g/l
Erdgas, genutzt in Pkw	251	226	0,01	0,15	0,00	g/kWh
Erdgas, genutzt in Pkw	3153	2838	0,12	1,90	0,051	g/kg
Flüssiggas, genutzt in Pkw **	3298	3238	0,96	1,62	0,13	g/kg
Flüssiggas, genutzt in Pkw **	1781	1749	0,52	0,88	0,07	g/l
Biodiesel genutzt in Pkw***	1982	782	27,12	1,32	0,53	g/l

* = inkl. Biokraftstoff-Anteile; ** ohne Tankverluste; *** aus Raps, ohne LUC-Effekte

Quelle: GEMIS 4.7

Zu beachten ist, dass in der Tabelle oben die Zeilen nicht untereinander verglichen werden dürfen, da sie unterschiedliche Energiemengen repräsentieren.

4 Ergebnisse zu den THG-Emissionen ausgewählter Produkte für die Beschaffung

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse für die von FEST gewünschten Produkte zusammengefasst. In den Daten ist die Herstellungsphase der Geräte mit aufgenommen.

Tabelle 11 THG-Emissionen von ausgewählten Produkten

Produkt	Funktionelle Einheit (FE)	kg CO ₂ e/FE	kg CO ₂ /FE	Quelle
LCD Monitor 17 Zoll, Durchschnittsgerät	Jährliche Nutzung eines LCD Monitors in privatem 2-Personen-Haushalt	30,6	-	Prakash et al. (in Bearbeitung)
LCD Monitor 17 Zoll, Umweltzeichengerät	Jährliche Nutzung eines LCD Monitors in privatem 2-Personen-Haushalt	25,9	-	Prakash et al. (in Bearbeitung)
LCD Monitor 21 Zoll, Durchschnittsgerät	Jährliche Nutzung eines LCD Monitors in privatem 2-Personen-Haushalt	41,7	-	Prakash et al. (in Bearbeitung)
LCD Monitor 21 Zoll, Umweltzeichengerät	Jährliche Nutzung eines LCD Monitors in privatem 2-Personen-Haushalt	29,4	-	Prakash et al. (in Bearbeitung)
Netbook	Jährliche Nutzung eines Netbooks in privatem 2-Personen-Haushalt	42	-	Grießhammer et al. 2009
Notebook	Jährliche Nutzung eines Notebooks in privatem 2-Personen-Haushalt	63,6	-	Grießhammer et al. 2009
Desktop Rechner (durchschnittliches Gerät, Kategorie A)	Jährliche Nutzung eines stationären Computers in privatem 2-Personen-Haushalt	97,6	-	Prakash & Brommer 2011
Desktop Rechner (durchschnittliches Gerät, Kategorie B)	Jährliche Nutzung eines stationären Computers in privatem 2-Personen-Haushalt	112,7	-	Prakash & Brommer 2011
Desktop Rechner (durchschnittliches Gerät, Kategorie C)	Jährliche Nutzung eines stationären Computers in privatem 2-Personen-Haushalt	132,9	-	Prakash & Brommer 2011
Desktop Rechner (durchschnittliches Gerät, Kategorie D)	Jährliche Nutzung eines stationären Computers in privatem 2-Personen-Haushalt	176,2	-	Prakash & Brommer 2011
Desktop Rechner (effizientes Gerät,	Jährliche Nutzung eines stationären Computers in pri-	50,2	-	Prakash & Brommer 2011

Produkt	Funktionelle Einheit (FE)	kg CO ₂ e/FE	kg CO ₂ /FE	Quelle
Kategorie A)	vatem 2-Personen-Haushalt			
Desktop Rechner (effizientes Gerät, Kategorie B)	Jährliche Nutzung eines stationären Computers in privatem 2-Personen-Haushalt	45,3	-	Prakash & Brommer 2011
Desktop Rechner (effizientes Gerät, Kategorie C)	Jährliche Nutzung eines stationären Computers in privatem 2-Personen-Haushalt	78,0	-	Prakash & Brommer 2011
Desktop Rechner (effizientes Gerät, Kategorie D)	Jährliche Nutzung eines stationären Computers in privatem 2-Personen-Haushalt	102,3	-	Prakash & Brommer 2011
Laser-Drucker, s/w	Herstellung und Entsorgung eines Druckers inklusive Vorketten: Stück	64,6	45,6	EcolInvent, Datensatz: Drucker, Laser, s/w, ab Werk
Laser-Drucker, Farbe	Herstellung und Entsorgung eines Druckers inklusive Vorketten: Stück	64,7	45,6	EcolInvent, Datensatz: Drucker, Laser, farbig, ab Werk
Toilettenpapier	Rohstoffgewinnung, Produktion, Distribution, Einkaufsfahrt Verbraucher, Entsorgung: 10 Rollen (dreilagig, Frischfaser, 1,35 kg)	2,5	-	Grießhammer et al. 2010
Altpapier	Herstellung und Verarbeitung von 1 kg Altpapier	0,03	0,03	GEMIS 4.6
Papierhandtücher (virgin luxury paper, 100% fresh pulp)	10.000 Handtrocknungen in Europa	180	-	Eberle und Möller 2006
Papierhandtücher (50% recycled medium quality paper)	10.000 Handtrocknungen in Europa	184	-	Eberle und Möller 2006
Mehrweg-Baumwoll-Rolle	10.000 Handtrocknungen in Europa	93		Eberle und Möller 2006
Fenster Alu	Herstellung Fenstermaterial für Fensterrahmen (je m ² Fensterfläche)	14,9	11,0	GEMIS 4.6
Fenster Holz	Herstellung Fenstermaterial für Fensterrahmen (je m ² Fensterfläche)	3,2	2,8	GEMIS 4.6
Fenster Kunststoff	Herstellung Fenstermaterial	2,5	2,3	GEMIS 4.6

Produkt	Funktionelle Einheit (FE)	kg CO ₂ e/FE	kg CO ₂ /FE	Quelle
(PVC)	für Fensterrahmen (je m ² Fensterfläche)			
Türe Holz	Produktion und Installation einer Innentüre aus Holz (1 m ²) inklusive Vorketten	33,2	30,7	EcolInvent, Datensatz: Innentüre, Holz, ab Werk
Stahl	Erzeugung und Herstellung von 1 kg Stahl	1,5	1,3	GEMIS 4.6
PE	Herstellung von 1 kg PE-Granulat plus Verarbeitung mit Spritzgussverfahren, inklusive Vorketten	3,4	2,9	EcolInvent, Datensatz: Polyethylen-Granulat, LDPE, ab Werk inkl. Spritzgießen

4.1 Annahmen zu EDV-Produkten

4.1.1 Monitore

Systemgrenzen

- Herstellung eines LCD Monitors,
- Nutzung des Geräts in einem privaten Zwei-Personen-Haushalt über ein Jahr,
- Entsorgung des Monitors.

Spezifikationen:

- Nutzungsdauer: 6,6 Jahre (inklusive second life)
- Die Daten der Herstellung wurden EuP 2007 entnommen.

Tabelle 12 Jährlicher Energieverbrauch von LCD-Monitoren

LCD Monitor	Stromverbrauch Durchschnittsgerät (kWh/a)	Stromverbrauch Umweltzeichengerät (kWh/a)	Lebensdauer (Jahre)
17 Zoll	32,34	24,44	6,6
21 Zoll	44,97	24,44	6,6

Die Nutzungsphase hat einen Anteil zwischen 63 (Durchschnittsgerät) und 57 % (Umweltzeichengerät) an den gesamten THG-Emissionen des 17 Zoll Monitors und 65 (Durchschnittsgerät) und 50 % (Umweltzeichengerät) des 21 Zoll Monitors aus.

4.1.2 Netbook

Systemgrenzen:

- Herstellung und Distribution eines Netbooks,
- Nutzung des Geräts im privaten Haushalt über ein Jahr,
- Entsorgung.

Spezifikation:

- Bildschirmdiagonale: 8,9 Zoll
- Lebensdauer: 5 Jahre
- Gewicht: 1 kg
- Arbeitsspeicher: 1 GB
- Festplatte: 160 GB
- Anschaffungskosten: 400 €
- Es wird angenommen, dass ein Netbook durchschnittlich 40 km transportiert wird, bis es beim Endverbraucher genutzt wird (Einkaufsweg Verbraucher - Handel).
- Durchschnittliche Nutzung eines Netbooks (Quellen: Leistungsaufnahme: eigene Berechnung nach ct 18/2008; Nutzungsdauer: EuP 2007)
- Für die orientierende Ökobilanz wird angenommen, dass die Unterschiede in der Herstellung eines Notebooks und eines Netbooks in Bezug auf die grundsätzliche Einschätzung der Umweltauswirkungen nicht signifikant sind. Vor diesem Hintergrund und da es momentan keine spezifischen Daten zur Herstellung von Netbooks gibt, werden die Umweltauswirkungen auf Basis eines Notebooks dargestellt. Grundlage bildet EuP 2007.

Tabelle 13 Kenndaten von Netbooks

	Leistungs- aufnahme [W]	Nutzungs- dauer [h/a]	Stromver- brauch [kWh/a]
On-Modus	20	1.388	27,76
Standby- Modus	1	2.904	2,91
Off-Modus	0,7	4.468	3,13
Gesamt			33,8

Die Nutzungsphase hat einen Anteil von 57 % an den gesamten THG-Emissionen.

4.1.3 Notebook

Systemgrenzen:

- Herstellung
- Nutzung
- Entsorgung

Spezifikation:

- Lebensdauer 5 Jahre
- Datengrundlage für die Herstellung bildet EuP 2007

Tabelle 14 Durchschnittliche Nutzung eines Notebooks

	Leistungs- aufnahme [W]	Nutzungsdauer [h/a]	Stromverbrauch [kWh/a]
On-Modus	40	1.388	55,52
Stand-by-Modus	1,5	2.904	4,36
Off-Modus	1	4.468	4,47
Gesamt			64,35

Quelle: EuP 2007

Die Nutzungsphase hat einen Anteil von 72 % an den gesamten THG-Emissionen.

4.1.4 Desktop Rechner

- Lebensdauer 6,6 Jahre (inklusive second life),
- 3 GHz Prozessor,
- 80 GB HDD,
- 512 MB RAM,
- eingebaute Grafikkarte,
- Gewicht: 10,5 kg.

Datengrundlage für die Herstellung und Entsorgung bildet dabei die EuP Studie zu Computern, die im Rahmen der EU-Ökodesign-Richtlinie für energiebetriebene Produkte erstellt wurde (EuP 2007). Für die Nutzungsphase wurden diese Daten mit Angaben zum deutschen Strom-Mix verknüpft.

Tabelle 15 Gewichtung der Betriebsmodi – stationärer Computer (Desktop-PC)

Betriebsmodus	Nutzung [%]
T _{Off} -Modus	55
T _{Sleep} -Modus	5
T _{Idle} -Modus	40

Tabelle 16 TEC-Werte (kWh) der effizientesten, der ineffizientesten und der durchschnittlichen Geräte pro ENERGY STAR-Kategorie (in Grundausstattung)

	Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C	Kategorie D
Effizientestes Gerät	35,6	28,7	74,8	109,2
Ineffizientestes Gerät	139,5	172,5	192,1	229,7
Durchschnittsgerät	102,6	123,9	152,4	213,59
Grenzwert ENERGY STAR	148	175	209	234

Tabelle 17 Anteile der Nutzungsphase an den gesamten THG-Emissionen eines durchschnittlichen Desktop Rechners

	Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C	Kategorie D
Prozentualer Anteil der Nutzungsphase	74%	78%	81%	86%

Tabelle 18 Anteile der Nutzungsphase an den gesamten THG-Emissionen eines effizienten Desktop Rechners

	Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C	Kategorie D
Prozentualer Anteil der Nutzungsphase	50%	45%	70%	76%

4.1.5 Laser-Drucker, s/w

Describes the production of a monochrome (b/w) laser jet printer. Calculated per 1 laser printer (1 unit). Included are the materials (mainly metals and plastics) with their respective manufacturing processes (e.g. sheet rolling, die-casting). Further inventoried is the infrastructure (factory), the consumption of ground water, the electricity for the assembly of the laser printer, the water consumption and industrial waste water, the required ship, road and rail transport for input materials, the packaging, plus the disposal of the laser printer.

This dataset can be applied to describe the production of a typical laser jet printer in the last 3 years before the reference year 2005, used at home or in small offices. The total weight of the printer (without toner) is 4.61 kg. The total weight of the packaging is 1.6 kg, mainly cardboard, some polystyrene and polyethylene foil. The information is based on an Environmental Product Declaration data sheet describing an Electrophotographic and Inkjet printer of a leading producer. The integrated toner module (b/w) is represented by an ecoinvent dataset.

Geographischer Bezug: Global

Zeitbezug: 2001-2006

4.1.6 Laser-Drucker, farbig

Describes the production of a color laser jet printer. Calculated per 1 laser printer (1 unit). Included are the materials (mainly metals and plastics) with their respective manufacturing processes (e.g. sheet rolling, die-casting). Further inventoried is the infrastructure (factory), the consumption of ground water, the electricity for the assembly of the laser printer, the water consumption and industrial waste water, the required ship, road and rail transport for input materials, the packaging, plus the disposal of the laser printer.

This dataset can be applied to describe the production of a typical laser jet printer in the last 3 years before the reference year 2005, used at home or in small offices. The total weight of the printer (without toner) is 4.61 kg. The total weight of the packaging is 1.6 kg, mainly cardboard, some polystyrene and polyethylene foil. The information is based on an Environmental Product Declaration data sheet describing an Electrophotographic and Inkjet printer of a leading producer. The integrated toner module (color) is represented by an ecoinvent dataset.

Geographischer Bezug: Global

Zeitbezug: 2001-2006

4.2 Annahmen zu den Papier- und Textilprodukten

4.2.1 Toilettenpapier

dm-Toilettenpapier „sanft+sicher“ 10 Rollen, dreilagig, Frischfaser; 1,35 kg

Rohstoffgewinnung, Produktion, Distribution, Einkaufsfahrt Verbraucher, Entsorgung

4.2.2 Altpapier

Herstellung und Verarbeitung

Geographischer Bezug: Europa

Zeitbezug: 2000

Datenqualität: Validierte Daten

4.2.3 Papierhandtücher und Mehrweg-Baumwoll-Rollen

Following E.T.S.A. members experience,¹ standard in washrooms to dry hands is either to pull once at a continuous cotton roll towel or to use two paper towels².

In accordance with E.T.S.A. 10,000 hand dryings in Europe were set as functional unit of this study. When assuming that one pair of hands is covered with approx. 5 g of water in average³, the functional unit implicates the removal of approx. 50 kg of water.

Thus, in this study as standard scenario 10,000 pulls of the cotton roll system or 20,000 paper towels are calculated to fulfil the functional unit.

System boundaries (Papierhandtücher):

production of the cotton towels – from cotton growing to final product;

laundering of the towel rolls;

transport of all products and materials;

secondary use of towel rolls as cleaning cloths (balanced as credits);

disposal of towels and packaging (incineration⁴).

Time-related coverage: For this LCA study only data is used, which is not older than 10 years.⁵ For the core processes (washing / finishing as well as pulp & tissue production) only data is used, which is not older than 5 years.

¹ Nearly all of the investigated textile service companies not only offer continuous cotton roll towels to washrooms but also paper towels.

² Size of the paper towels: approx. 31 cm x 24 cm, C-fold; weight: approx. 4 g.

³ This value was determined empirically in order to give the reader an illustration. It is not further used in the study.

⁴ Within this study, incineration was chosen as the only disposal option as this treatment is obligatory in Germany and the majority of the cotton rolls are laundered in Germany.

Geographical coverage: Concerning supply chain processes (e.g. cotton production, paper production) the geographical coverage is correspondent to the assumed supply chain (world for cotton production, Europe for paper production), concerning core processes (washing / finishing) the collected data refer to Europe, the electricity supply for the core processes will cover the UCPTTE⁶ countries.

Technological coverage (i.e. technological standard of production, transport, use and disposal processes): For the core processes (washing / finishing as well as pulp & tissue production) all data within this study refer to state-of-the-art (i.e. status quo) processes used in Europe; for cotton production and cotton towel manufacturing and other supply chain processes the data refer to the status quo in the respective country / region.

Precision, completeness and representativeness, uncertainty of the data and data sources: Within this LCA study representative data is used, whenever available. The representativeness of the data and data sources is checked. For some detergent ingredients reviewed LCAs for example are still missing. For those ingredients only screening inventories could be used, this is stated in the report (cf. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). For background data the description of general requirements is included in the sources and not further described within this report. For core data for instance this is included in this report (cf. section **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Consistency and reproducibility of the methods used: The methods used throughout this LCA are consistent and reproducible, if other methods as the preferred methods are used this is clearly stated.

The data sources used for the study's inventory can be distinguished in general and specific data:

General data are average values representing the average technological standard used for the investigated process within a specified geographical coverage and are often appropriate for up-chain and down-chain processes. Within this study, for example, general data is used for the electricity production and the regarded transport processes.

Specific data, however, represent the circumstances at a specific production site and therefore have to be preferred when modelling the core processes of the investigated system. Thus, within this study especially the washing and distribution processes are inventoried with specific data provided by the individual enterprises.

⁵ For some unit processes it might be necessary to make an exception from this requirement due to data availability, e.g. for some detergent ingredients. However, these processes will have only minor impact in the total result and will be further specified in section 3. Furthermore, an exception was made for the UCPTTE electricity mix as the original and current data set from the Umberto library was used. In fact, this electricity mix is from 1994 (UCPTTE), albeit not so much different from the current one (1994: 49% fossil, 36% nuclear, 15% water; 2004: 54% fossil, 33% nuclear, 13% water). Actually, when using the 1994 data, a slight bias in favour of the paper alternative occurs, which can be regarded as a conservative assumption. Furthermore, the applied UCPTTE mix provides consistency with the energy mix used for the modelling of the detergents.

⁶ Union for the Coordination of Transmission of Electricity.

4.3 Annahmen zu den Fenster-Produkten

Da angenommen werden kann, dass das Fensterglas bei allen betrachteten Fenstervarianten gleich ist, bleibt es unberücksichtigt. Die THG-Emissionen beziehen sich folglich nur auf das Rahmenmaterial.

4.3.1 Fenster, Alu

Alu-Fenster nach Schweizer Bauart: Fenstermaterial Aluminiumfenster, nur Rahmenmaterial, Bedarf normiert auf 1 m² Fensterfläche: 18,5 kg "Fenster-Alu" im Bauelement pro 1m² Fensterfläche

Geographischer Bezug: Deutschland

Zeitbezug: 2000

Datenqualität: Einfache Schätzung

4.3.2 Fenster, Holz

Fenstermaterial für Fensterrahmen, Materialbedarf normiert auf 1m², Reste wie bei anderen Materialien wegen direkter Weiterverwendung nicht aufgeführt.

Fenstermaterial Holzfenster und Holzfenster hochgedämmt, nur Rahmenmaterial, Bedarf normiert auf 1 m² Fensterfläche: 11,2 kg "Fenster-Holz" im Bauelement pro 1m² Fensterfläche

Geographischer Bezug: Deutschland

Zeitbezug: 2000

Datenqualität: Einfache Schätzung

4.3.3 Fenster Kunststoff (PVC)

Fenstermaterial für Fensterrahmen, Materialbedarf normiert auf 1m², Reste wie bei anderen Materialien wegen direkter Weiterverwendung nicht aufgeführt.

Fenstermaterial PVC-Fenster, Standard und hochgedämmt, nur Rahmenmaterial, Bedarf normiert auf 1 m² Fensterfläche: 20,4 kg "Fenster-PVC" im Bauelement pro 1m² Fensterfläche

Geographischer Bezug: Deutschland

Zeitbezug: 2000

Datenqualität: Einfache Schätzung

4.4 Annahmen zu sonstigen Produkten

4.4.1 Türe Holz

This dataset describes the production of 1m² (visible area) inner door, including the processes for the installation. Not included are transports from plant to construction site.

The dataset can be applied to describe an average room door. The door frame is made of massive wood, the door leaf is made of wood. The lock, door handles and frame joints are

fabricated from steel. Data are based on a door of 0.8x2.0 m and scaled to 1m². 1 m² of the wooden inner door weighs 27.6 kg. The functional life time for the door frame is 50 years, for the door leaf it is 30 years.

Geographischer Bezug: Europa

Zeitbezug: 1997-2005

4.4.2 Stahl

Geographischer Bezug: Deutschland

Zeitbezug: 2010

Datenqualität: sekundäre/abgeleitete Daten

4.4.3 PE

Aggregated data for all processes from raw material extraction until delivery at plant

Data are from the Eco-profiles of the European plastics industry (PlasticsEurope). Not included are the values reported for: recyclable wastes, amount of air / N₂ / O₂ consumed, unspecified metal emission to air and to water, mercaptan emission to air, unspecified CFC/HCFC emission to air, dioxin to water. The amount of "sulphur (bonded)" is assumed to be included into the amount of raw oil.

Geographischer Bezug: Europa

Zeitbezug: 1999-2001

Inklusive Verarbeitungsprozess: Spritzgussverfahren

Geographischer Bezug: Europa

Zeitbezug: 1999-1997

Literaturverzeichnis

- Eberle und Möller 2006 Eberle, U.; Möller, M.: Life Cycle Analysis of hand-drying systems – a comparison of cotton towels and paper towels. Öko-Institut e.V., Freiburg
- EcolInvent Schweizer Zentrum für Ökoinventare, Datenbank EcolInvent Version 2.2
- EuP 2007 Preparatory studies for Eco-design Requirements of EuPs, Lot 3: Personal Computers (desktops and laptops) and Computer Monitors
- GEMIS 4.6 Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme Version 4.6, August 2010
- GEMIS 4.7 Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme Version 4.7, September 2011
- Grießhammer et al. 2009 Grießhammer, R.; Quack, D.; Brommer, E.; Lüders, B.: Umweltzeichen für klimarelevante Produkte und Dienstleistungen – PROSA Kurzstudie Tragbare Kleincomputer (Netbooks), Öko-Institut e.V., Freiburg
- Grießhammer et al. 2010 Grießhammer, R.; Brommer, E.; Gattermann, M.; Grether, S.; Krüger, M.; Teufel, J.; Zimmer, W.: CO₂-Einsparpotenziale für Verbraucher. Öko-Institut e.V., Freiburg
- Prakash & Brommer 2011 Prakash, S.; Brommer, E.: PROSA stationäre Arbeitsplatzcomputer – Entwicklung der Vergabekriterien für ein Klimaschutzbezogenes Umweltzeichen. Öko-Institut e.V., Freiburg
- Prakash et al. (in Bearbeitung) Prakash, S.; Brommer, E.; Gröger, J.: PROSA Computerbildschirme – Entwicklung der Vergabekriterien für ein Klimaschutzbezogenes Umweltzeichen. Öko-Institut e.V., Freiburg (in Bearbeitung)