
Externe Kosten von Energiesystemen gemäss ECOPLAN

Autoren

René Itten, Rolf Frischknecht

Kunde

Amt für Hochbauten Zürich

Impressum

Titel	Externe Kosten von Energiesystemen gemäss ECOPLAN
Autoren	René Itten, Rolf Frischknecht treeze Ltd., fair life cycle thinking Kanzleistr. 4, CH-8610 Uster www.treeze.ch Phone +41 44 940 61 91, Fax +41 44 940 61 94 info@treeze.ch
Kunde	Amt für Hochbauten Zürich
Urheberrecht	Soweit nicht anders vermerkt bzw. direkt vereinbart sind sämtliche Inhalte in diesem Bericht urheberrechtlich geschützt. Das Kopieren oder Verteilen des Berichts als Ganzes oder in Auszügen, unverändert oder in veränderter Form ist nicht gestattet und Bedarf der ausdrücklichen Zustimmung von treeze Ltd..
Haftungsausschluss	Die Informationen und Schlussfolgerungen in diesem Bericht wurden auf Grundlage von als verlässlich eingeschätzten Quellen erhoben. Treeze Ltd. und die Autoren geben keine Garantie bezüglich Eignung, oder Vollständigkeit der im Bericht dargestellten Informationen. Treeze Ltd. und die Autoren lehnen jede rechtliche Haftung für jede Art von Schäden ausdrücklich ab.
Version	492_Externe-Kosten-von-Energiesystemen-ECOPLAN-v1.0.docx, 23.08.2013 17:20:00

Abkürzungen und Glossar

CH	Schweiz
CHF	Schweizer Franken
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ -eq	Kohlendioxid-Äquivalent
EFH	Einfamilienhause
EL	Heizöl extra leicht
EWP	Erdwärmepumpe
GuD	Gas und Dampf
JAZ	Jahresarbeitszahl
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
kWh	Kilowattstunde
Lkw	Lastkraftwagen
m ³	Kubikmeter
MFH	Mehrfamilienhause
MJ	Megajoule
NH ₃	Ammoniak
NMVOC	Flüchtige Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe
NO _x	Stickoxide
Pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
PM ₁₀	Feinstaub (Particulate Matter with diameter 10 µm)
RH	Raumheizung
SO ₂	Schwefeldioxid
Tkm	Tonnenkilometer
UBA	Umweltbundesamt
UCTE	Union for the Coordination of the Transmission of Electricity
W	Watt
WW	Warmwasser

Inhalt

1	EINFÜHRUNG	1
1.1	Übersicht Datengrundlage	1
1.2	Bezugsgrösse	1
1.3	Systemgrenzen und Modellierungsansätze	2
1.4	Externe Kosten	3
1.5	Anteil inländische Treibhausgasemissionen	3
2	RESULTATTABELLEN	4
3	SACHBILANZDATEN	6
	LITERATURVERZEICHNIS	10
	ANHANG	11
	Externe Kosten Luftschadstoffe gemäss ECOPLAN	11
	Externe Kosten Treibhausgase gemäss ECOPLAN	12

1 Einführung

Heute werden bei Bauprojekten der öffentlichen Hand die externen Kosten der Energiebereitstellung mitberücksichtigt. Die derzeit verwendeten Kostensätze sind veraltet. Die im 2008 und 2011 publizierte Liste zu Primärenergiefaktoren von Energiesystemen soll deshalb um Daten zu den externen Kosten ergänzt werden.

1.1 Übersicht Datengrundlage

In den nachfolgenden Abschnitten dieses Kapitels wird auf die Bezugsgrössen, die Systemgrenzen und die Modellierungsgrundsätze eingegangen. Die Dokumentation der Bilanzen der einzelnen Energiesysteme und die getroffenen Annahmen sind dem Bericht Primärenergiefaktoren von Energiesystemen (Frischknecht et al. 2012) zu entnehmen. Im Zuge dieser Studie wurden einige Bilanzen überarbeitet. Die Anpassungen sind im Kapitel 2 beschrieben. Die zusammenfassenden Tabellen mit allen Faktoren befinden sich im Kapitel 2.

Wo verfügbar, bilden die Datensätze des ecoinvent Datenbestandes v2.2 die Basis der Auswertung (ecoinvent Centre 2010). Die Auswertung erfolgt mit der Software SimaPro 7.3.3 (PRé Consultants 2012). In einzelnen Fällen müssen einige Elemente abgeändert werden, da teilweise andere Systemgrenzen gelten¹.

1.2 Bezugsgrösse

Die Ergebnisse beziehen sich auf die nachfolgend aufgelisteten Bezugsgrössen:

- in das Gebäude beziehungsweise den Tank gelieferte Brenn- und Treibstoffe:
1 MJ oberer Heizwert
- am Ausgang der mit Brenn- und Treibstoffen betriebenen Energiewandler:
1 MJ Nutzenergie, 1 Personen- oder Tonnenkilometer Transportdienstleistung (pkm, tkm), beziehungsweise 1 m³ Aushubleistung einer Baumaschine.
- Wärme, erneuerbar am Gebäudestandort:
1 MJ vom Energiewandler ans Verteilnetz des Hauses geliefert
- Fernwärme:
1 MJ vom Fernwärmenetz ans Verteilnetz des Hauses geliefert

¹ Beispielsweise dient im gesamten ecoinvent Datenbestand der untere Heizwert als Bezugsgrösse. In diesem Bericht werden die Primärenergiefaktoren "Eingang Gebäude / Tank" auf den oberen Heizwert bezogen und die im Haus liegende Infrastruktur, wie z.B. der Ölkessel wird nicht einberechnet (da zum Gebäude zählend).

- Elektrizität, erneuerbar am Gebäudestandort:
1 MJ Strom ans Niederspannungsverteilstromnetz des Hauses geliefert
- Elektrizität, Bezug via Netz:
1 MJ Strom ans Niederspannungsverteilstromnetz des Hauses geliefert

1.3 Systemgrenzen und Modellierungsansätze

Es werden zwei unterschiedliche Betrachtungsweisen modelliert:

- Ausgang Energiewandler (siehe Tab. 2.1):
Die externen Kosten beziehen sich auf die vom Energiewandler an das Verteilnetz eines Gebäudes gelieferte Energie. Hier fließen die Aufwendungen zur Herstellung des Energiewandlers und der Jahreswirkungsgrad des Energiewandlers in die Rechnung ein. Im Fall der Treibstoffe werden auch die Aufwendungen für Bau, Herstellung und Unterhalt der Fahrzeuge und der Strasseninfrastruktur mitberücksichtigt.
- Eingang Gebäude oder Tank (siehe Tab. 2.2):
Die externen Kosten beziehen sich auf die in das Gebäude beziehungsweise in den Tank gelieferte Energie. Bei den externen Kosten von Brenn- und Treibstoffen sind die Aufwendungen zur Herstellung der Energiewandler am Gebäudestandort beziehungsweise zu Bau, Herstellung und Unterhalt von Strassen und Fahrzeugen nicht enthalten. Die externen Kosten von am Standort erzeugter Energie (Wärme und Strom) beinhalten die Herstellung der Energiewandler (Sonnenkollektoren, Photovoltaikpanel, Wärmepumpenaggregat und Wärmetauscher).

Die Infrastrukturaufwendungen entlang der Energiebereitstellung (Raffinerie, Bohrinseln, Kernkraftwerk, Stahlwerk) sind in beiden Fällen in den externen Kosten enthalten.

Weitere Anmerkungen zur Modellierung:

- Bei den Datensätzen "Elektrizität, erneuerbar, am Gebäudestandort" sind keine Netzverluste und Aufwendungen der Netzinfrastruktur berücksichtigt.
- Bei den Datensätzen „Elektrizitätsbezug via Netz“ sind in allen Fällen die Verluste bis und mit Niederspannungsebene und die Aufwendungen des Baus der Stromleitungen und Umspannwerke enthalten.
- Die Ergebnisse der Fernwärme sowie der netzgebunden gelieferten Elektrizität beinhalten in jedem Fall die Herstellungsaufwendungen der Energiewandler (Heizkessel, Kraftwerk, Wärmepumpen, etc.). Die Aufwendungen für den Bau und Betrieb des Fernwärmeversorgungsnetzes sind ebenfalls enthalten, die Energieverluste im Fernwärmenetz sind berücksichtigt.
- Die Brennstoff-Kennwerte basieren auf heute eingesetzter moderner Feuerungstechnik, die Treibstoff-Kennwerte auf dem Durchschnitt der Fahrzeugflotte der Schweiz.

1.4 Externe Kosten

Die externen Kosten werden gemäss Ecoplan (2012) berechnet. Die Kostensätze für die externen Kosten gemäss Ecoplan berücksichtigen die Gesundheitskosten von vier Luftschadstoffen, nämlich Stickoxide (NO_x), Schwefeldioxid (SO_2), Ammoniak (NH_3) und Feinstaub (PM_{10}). Die Kostensätze für die verschiedenen Luftschadstoffe in Tab. A.1 im Anhang aufgeführt.

Für die Berechnung der externen Kosten der inländischen und ausländischen Treibhausgasemissionen werden Kostensätze von 40 und 100 CHF pro Tonne CO_2 -eq verwendet. Damit wird berücksichtigt, dass in der Schweiz ab 2014 eine CO_2 Abgabe in der Höhe von 60 CHF pro Tonne CO_2 -eq bezahlt werden muss. Die Kostensätze der inländische und ausländische Treibhausgasemissionen für die unterschiedlichen Treibhausgase sind in Tab. A.2 im Anhang aufgeführt. Die externen Kosten für Treibhausgasemissionen basiert auf den Best-Practice-Kostensätzen des UBA (Schwermer et al. 2012).

1.5 Anteil inländische Treibhausgasemissionen

Der Anteil der inländischen Treibhausgasemissionen an den totalen Treibhausgasemissionen wurde in analoger Weise wie der Anteil der inländischen Partikelemissionen an den totalen Partikelemissionen nach Ecoplan (2012) und Bauer et al. (2012) berechnet. Hierzu wurden für verschiedene Lebenszyklusabschnitte, wie z.B. die Brennstoffbereitstellung, den Kraftwerksbetrieb oder die Stromverteilung, der Anteil der inländischen Emissionen geschätzt und entsprechend dem Anteil der Lebenszyklusabschnittsemissionen an den total Emissionen gewichtet gemittelt. Für Technologien, welche nicht in Ecoplan (2012) oder Bauer et al. (2012) beschrieben sind, wurden Expertenschätzungen vorgenommen.

2 Resultattabellen

In den nachfolgenden Tabellen werden die Ergebnisse für die externen Kosten nach ECOPLAN gezeigt. Die Ergebnisse werden pro MJ gemessen am Ausgang des Energiewandlers (siehe Tab. 2.1) und pro MJ in das Gebäude beziehungsweise in den Tank gelieferte Energie (Bezugsgrösse ist der obere Heizwert, siehe Tab. 2.2) ausgewiesen. Der Kostensatz für inländische und ausländische Treibhausgasemissionen betragen 40 CHF und 100 CHF pro Tonne CO₂-eq (entspricht einer CO₂ Abgabe von 60 CHF für inländische Treibhausgasemissionen).

Tab. 2.1 Externe Kosten von Energiesystemen: am Ausgang des Energiewandlers gemessene Energie; Inklusive Aufwendungen für die Herstellung des im Gebäude liegenden Energiewandlers beziehungsweise des Transportmittels; inklusive Betriebsemissionen des im Gebäude liegenden Energiewandlers beziehungsweise des Transportmittels.

Kostensätze bei einer CO ₂ Abgabe von 60 CHF pro Tonne CO ₂ -eq 40 CHF pro Tonne CO ₂ -eq im Inland 100 CHF pro Tonne CO ₂ -eq im Ausland			Bezugsgrösse	ECOPLAN						
				Externe Kosten total in Rappen	Externe Kosten Luftschadstoffe in Rappen	Externe Kosten Treibhausgase total in Rappen	Externe Kosten Treibhausgase Inland in Rappen	Externe Kosten Treibhausgase Ausland in Rappen	Inländischer Anteil der Treibhausgasemissionen	
Kategorie	Technologie									
Brennstoffe	fossil	Wärme Heizöl EL	MJ	1.3	0.8	0.5	0.3	0.2	75.0%	
		Wärme Erdgas	MJ	0.7	0.3	0.4	0.2	0.2	75.0%	
		Wärme Propan/Butan	MJ	0.9	0.5	0.5	0.3	0.2	75.0%	
		Wärme Kohle Koks	MJ	5.2	4.3	0.9	0.5	0.4	75.0%	
		Wärme Kohle Brikett	MJ	5.9	5.1	0.8	0.4	0.4	75.0%	
	Biomasse	Wärme Stückholz	MJ	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	90.0%	
		Wärme Stückholz mit Partikelfilter	MJ	0.8	0.7	0.0	0.0	0.0	90.0%	
		Wärme Holzschnitzel	MJ	1.1	1.0	0.0	0.0	0.0	90.0%	
		Wärme Holzschnitzel mit Partikelfilter	MJ	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	90.0%	
		Wärme Pellets	MJ	1.0	1.0	0.1	0.1	0.0	90.0%	
		Wärme Pellets mit Partikelfilter	MJ	0.9	0.8	0.1	0.1	0.0	90.0%	
		Wärme Biogas	MJ	0.7	0.4	0.2	0.2	0.0	90.0%	
Treibstoffe	fossil	Transport Diesel Lkw	tkm	13.6	12.0	1.5	0.8	0.7	75.0%	
		Aushub mit Baumaschine	m ³	37.5	34.6	2.9	1.6	1.3	75.0%	
		Transport Diesel Pkw	pkm	4.7	3.7	1.0	0.5	0.4	75.0%	
		Transport Benzin Pkw	pkm	4.4	3.3	1.1	0.6	0.5	75.0%	
		Transport Erdgas Pkw	pkm	2.9	2.0	0.9	0.5	0.4	75.0%	
		Transport Flugzeug	pkm	4.5	3.5	0.9	0.5	0.4	75.0%	
		Transport Biogas Pkw	pkm	2.8	2.3	0.4	0.3	0.1	90.0%	
	Biomasse									
Wärme	erneuerbar am Gebäudestandort	Fachkolektor Warmwasser EFH	MJ	0.7	0.6	0.1	0.0	0.1	5.0%	
		Fachkolektor WW und RH EFH	MJ	0.6	0.5	0.1	0.0	0.1	5.0%	
		Fachkolektor Warmwasser MFH	MJ	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	5.0%	
		Röhrenkolektor WW und RH EFH	MJ	0.5	0.4	0.1	0.0	0.1	5.0%	
		EWP Luft/Wasser (JAZ 2.8)	MJ	0.7	0.4	0.2	0.0	0.2	5.0%	
		EWP Erdsonde (JAZ 3.9)	MJ	0.5	0.3	0.2	0.0	0.2	5.0%	
		EWP Grundwasser (JAZ 3.4)	MJ	0.6	0.4	0.2	0.0	0.2	5.0%	
Elektrizität	erneuerbar am Gebäudestandort	Photovoltaik	MJ	1.0	0.8	0.2	0.0	0.2	0.0%	
		Photovoltaik Schrägdach	MJ	0.9	0.7	0.2	0.0	0.2	0.0%	
		Photovoltaik Flachdach	MJ	0.9	0.7	0.2	0.0	0.2	0.0%	
		Photovoltaik Fassade	MJ	1.4	1.1	0.3	0.0	0.3	0.0%	
		Windkraft	MJ	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0%	
		Biogas	MJ	1.7	1.3	0.4	0.3	0.1	90.0%	
		Biogas, Landwirtschaft	MJ	2.1	1.9	0.2	0.2	0.0	90.0%	

Bezugsgrösse: Brennstoffe: Nutzenergie; Treibstoffe: Transportdienstleistung beziehungsweise Aushubvolumen

Datenquelle: ecoinvent Datenbestand v2.2 und eigene Berechnungen

© treeze Ltd. 2012-2013

Tab. 2.2 Externe Kosten von Energiesystemen: Bezugsgrösse ist die in den Tank oder in das Gebäude gelieferte Energie; ohne Aufwendungen für die Herstellung des im Gebäude liegenden Energiewandlers beziehungsweise des Transportmittels; inklusive Betriebsemissionen des im Gebäude liegenden Energiewandlers beziehungsweise des Transportmittels.

Kostensätze bei einer CO ₂ Abgabe von 60 CHF pro Tonne CO ₂ -eq 40 CHF pro Tonne CO ₂ -eq im Inland 100 CHF pro Tonne CO ₂ -eq im Ausland			Bezugsgrösse	ECOPLAN						
				Externe Kosten total in Rapfen	Externe Kosten Luftschadstoffe in Rapfen	Externe Kosten Treibhausgase Total in Rapfen	Externe Kosten Treibhausgase Inland in Rapfen	Externe Kosten Treibhausgase Ausland in Rapfen	Inländischer Anteil der Treibhausgasemissionen	
Kategorie	Technologie									
Brennstoffe	fossil	Heizöl EL	MJ	1.2	0.7	0.5	0.2	0.2	75.0%	
		Erdgas	MJ	0.6	0.2	0.4	0.2	0.2	75.0%	
		Propan/Butan	MJ	0.8	0.4	0.4	0.2	0.2	75.0%	
		Kohle Koks	MJ	3.5	2.9	0.6	0.3	0.3	75.0%	
		Kohle Briquet	MJ	4.0	3.4	0.6	0.3	0.3	75.0%	
	Biomasse	Stückholz	MJ	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	90.0%	
		Stückholz mit Partikefilter	MJ	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	90.0%	
		Holzschnitzel	MJ	0.8	0.7	0.0	0.0	0.0	90.0%	
		Holzschnitzel mit Partikefilter	MJ	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	90.0%	
		Pellets	MJ	0.8	0.7	0.0	0.0	0.0	90.0%	
		Pellets mit Partikefilter	MJ	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	90.0%	
		Biogas	MJ	0.6	0.4	0.2	0.2	0.0	90.0%	
Treibstoffe	fossil	Diesel in Lkw	MJ	4.2	3.7	0.5	0.3	0.2	75.0%	
		Diesel in Baumaschine	MJ	6.1	5.6	0.5	0.2	0.2	75.0%	
		Diesel in Pkw	MJ	1.9	1.5	0.5	0.3	0.2	75.0%	
		Benzin in Pkw	MJ	1.6	1.1	0.5	0.3	0.2	75.0%	
		Erdgas in Pkw	MJ	0.7	0.4	0.4	0.2	0.2	75.0%	
		Kerosin in Flugzeug	MJ	2.1	1.7	0.4	0.2	0.2	75.0%	
		Biomasse	Biogas in Pkw	MJ	0.7	0.5	0.1	0.1	0.0	90.0%
Wärme	Fernwärme	Heizzentrale Oel	MJ	1.7	1.1	0.6	0.3	0.3	75.0%	
		Heizzentrale Gas	MJ	0.8	0.4	0.5	0.3	0.2	75.0%	
		Heizzentrale Holz	MJ	0.7	0.6	0.1	0.0	0.0	75.0%	
		Heizkraftwerk Holz	MJ	0.6	0.5	0.1	0.0	0.0	75.0%	
		Heizzentrale EWP Luft/Wasser (JAZ 2.8)	MJ	0.8	0.5	0.3	0.0	0.3	5.0%	
		Heizzentrale EWP Erdsonde (JAZ 3.9)	MJ	0.6	0.4	0.2	0.0	0.2	5.0%	
		Heizzentrale EWP Abwasser (JAZ 3.4)	MJ	0.5	0.4	0.1	0.0	0.1	5.0%	
		Heizzentrale EWP Grundwasser (JAZ 3.4)	MJ	0.7	0.5	0.2	0.0	0.2	5.0%	
		Heizzentrale Geothermie	MJ	0.6	0.5	0.1	0.0	0.1	0.0%	
		Heizkraftwerk Geothermie	MJ	0.4	0.3	0.1	0.0	0.1	0.0%	
		Kehrichtverbrennung	MJ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0%	
		Blockheizkraftwerk Diesel	MJ	0.7	0.5	0.2	0.1	0.1	75.0%	
		Blockheizkraftwerk Gas	MJ	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	75.0%	
		Blockheizkraftwerk Biogas	MJ	0.4	0.3	0.1	0.1	0.0	90.0%	
		Blockheizkraftwerk Biogas, Landwirtschaft	MJ	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	90.0%	
		Fernwärme, Durchschnitt, CH	MJ	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	75.0%	
		Fernwärme, Durchschnitt, KVA-Netze	MJ	0.5	0.2	0.2	0.1	0.1	75.0%	
Elektrizität	Elektrizitätsbezug via Netz	Atomkraftwerk	MJ	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	5.0%	
		Erdgaskombikraftwerk GuD	MJ	1.5	0.7	0.7	0.4	0.3	75.0%	
		Kohlekraftwerk (Dampf)	MJ	6.1	2.6	3.4	0.0	3.4	0.0%	
		Kraftwerk Oel	MJ	13.8	11.0	2.8	0.0	2.8	0.0%	
		Kehrichtverbrennung	MJ	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	5.0%	
		Heizkraftwerk Holz	MJ	1.7	1.5	0.1	0.1	0.0	90.0%	
		Blockheizkraftwerk Diesel	MJ	4.0	2.7	1.3	0.7	0.6	75.0%	
		Blockheizkraftwerk Gas	MJ	2.5	1.4	1.1	0.6	0.5	75.0%	
		Blockheizkraftwerk Biogas	MJ	2.1	1.6	0.5	0.4	0.1	90.0%	
		Blockheizkraftwerk Biogas, Landwirtschaft	MJ	2.5	2.3	0.2	0.2	0.1	90.0%	
		Photovoltaik	MJ	1.3	1.0	0.3	0.0	0.3	0.0%	
		Photovoltaik Schrägdach	MJ	1.2	0.9	0.2	0.0	0.2	0.0%	
		Photovoltaik Flachdach	MJ	1.2	0.9	0.3	0.0	0.3	0.0%	
		Photovoltaik Fassade	MJ	1.7	1.4	0.4	0.0	0.4	0.0%	
		Windkraft	MJ	0.5	0.4	0.1	0.0	0.1	0.0%	
		Wasserkraft	MJ	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	25.0%	
		Pumpspeicherung	MJ	2.2	1.6	0.6	0.0	0.6	0.0%	
		Heizkraftwerk Geothermie	MJ	0.9	0.8	0.1	0.0	0.1	0.0%	
		CH-Produktionsmix	MJ	0.5	0.4	0.1	0.0	0.1	20.0%	
		CH-Verbraucher mix	MJ	1.5	1.1	0.4	0.0	0.4	0.0%	
UCTE-Mix	MJ	5.3	3.6	1.6	0.0	1.6	0.0%			

Bezugsgrösse: Brenn- und Treibstoffe: oberer Heizwert; Fernwärme und Elektrizität: in Gebäude gelieferte Energie

Datenquelle: ecoinvent Datenbestand v2.2 und eigene Berechnungen

© treeze Ltd. 2012-2013

3 Sachbilanzdaten

Die zugrundeliegenden Sachbilanzdaten sind identisch mit denjenigen der KBOB-Empfehlung 2009/1 (Stand Juli 2012, KBOB et al. 2012) und der Publikation Frischknecht et al. (2012) mit Ausnahme der Sachbilanzdaten zur Wärmebereitstellung mittels Stückholz, Holzpellets, Holzschnitzel und Biogas.

Im Zuge dieser Studie wurden die ursprünglichen Datensätze zur Wärmebereitstellung mittels Stückholz, Holzpellets und Holzschnitzel aktualisiert. Bei der Aktualisierung wurden die biogenen Kohlenmonoxid- und Methanemissionen, die Stickoxidemissionen, die NMVOC Emissionen sowie die Partikelemissionen der Holzfeuerungen angepasst basierend auf den Messresultaten aus Frischknecht et al. (2010). Zusätzlich wurden Sachbilanzdaten zur Wärmebereitstellung mittels Stückholz, Holzpellets und Holzschnitzel mit Partikelfilter erstellt.

Als Partikelfilter wird ein Elektrofilter mit einem Abscheidegrad von 75 % bei einem Stromverbrauch von 50 W im Betrieb und 2 W im Stand-By eingesetzt und die Sachbilanzen der Holzfeuerungen entsprechend ergänzt beziehungsweise angepasst². Der Stromverbrauch des Partikelfilters beträgt somit (gerundet) ca. 0.1 % der bereitgestellten Nutzwärme.

Die Sachbilanzdaten zur Wärmebereitstellung mittels Stückholz, Holzpellets und Holzschnitzel mit und ohne Partikelfilter am Eingang Gebäude oder Tank sind in Tab. 3.1 (bezogen auf den unteren Heizwert) und Tab. 3.2 (bezogen auf den oberen Heizwert, ohne Boilerinfrastruktur) gezeigt. Die Sachbilanzen zur Bereitstellung von Nutzwärme mittels Stückholz, Holzpellets und Holzschnitzel am Ausgang Energiewandler sind in Tab. 3.4 dargestellt.

Die Sachbilanzdaten zur Wärmebereitstellung mittels Biogas wurden überarbeitet, sodass dieselbe Boilertechnologie wie im Falle der Wärmebereitstellung mittels Erdgas verwendet wird aber entsprechend mit Biogas ab Niederdrucknetz als Input und mit biogenen (anstelle fossiler) Kohlenmonoxid-, Kohlendioxid- und Methan-Emissionen.

Die angepassten Sachbilanzdaten für die Wärmebereitstellung mittels Biogas am Eingang Gebäude oder Tank bezogen auf den unteren Heizwert und den oberen Heizwert ohne Boilerinfrastruktur sind in Tab. 3.3 gezeigt.

² Persönliche Mitteilung, Daniel Jud, Oekosolve AG, 15.08.2013

Tab. 3.2 Sachbilanzdaten zur Verbrennung von Stückholz, Holzpellets und Holzsplit mit und ohne Partikelfilter; am Eingang Gebäude oder Tank, bezogen auf den oberen Heizwert, ohne Boilerinfrastruktur

Name	Location	Infrastructure/Process	Unit	logs, mixed, burned in furnace 30kW (proj. 210), adjusted PM without PF	logs, mixed, burned in furnace 30kW (proj. 210), adjusted PM with PF	pellets, mixed, burned in furnace 50kW (proj. 210), adjusted PM without PF	pellets, mixed, burned in furnace 50kW (proj. 210), adjusted PM with PF	wood chips, from forest, burned in furnace 50kW (proj. 210), adjusted PM without PF	wood chips, from forest, burned in furnace 50kW (proj. 210), adjusted PM with PF	Uncertainty Type	StandardDeviation%	GeneralComment
				CH	CH	CH	CH	CH	CH			
				MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ			
				0	0	0	0	0	0			
				MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ			
logs, mixed, burned in furnace 30kW (proj. 210), adjusted PM, without PF	CH	0	MJ	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
logs, mixed, burned in furnace 30kW (proj. 210), adjusted PM, with PF	CH	0	MJ	0.00	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00			
pellets, mixed, burned in furnace 50kW (proj. 210), adjusted PM, without PF	CH	0	MJ	0.00	0.00	1.08	0.00	0.00	0.00			
pellets, mixed, burned in furnace 50kW (proj. 210), adjusted PM, with PF	CH	0	MJ	0.00	0.00	0.00	1.08	0.00	0.00			
wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW (proj. 210), adjusted PM, without PF	CH	0	MJ	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08	0.00			
wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW (proj. 210), adjusted PM, with PF	CH	0	MJ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.08			
technosphere												
furnace, wood chips, hardwood, 50kW	CH	1	unit	0	0	0	0	0	0	1	3.00	(1,1,2,1,1,1,BU:3);
furnace, pellets, 50kW	CH	1	unit	0	0	0	0	0	0	1	3.00	(1,1,2,1,1,1,BU:3);
furnace, logs, mixed, 30kW	CH	1	unit	0	0	0	0	0	0	1	3.00	(1,1,2,1,1,1,BU:3);
electricity, low voltage, at grid	CH	0	kWh	2.78E-3	3.06E-3	4.17E-3	4.44E-3	4.17E-3	4.44E-3	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU1:05);
logs, mixed, at forest	RER	0	m3	1.06E-4	1.06E-4	0	0	0	0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU1:05);
wood pellets, u=10%, at storehouse	RER	0	m3	0	0	8.21E-5	8.21E-5	0	0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU1:05);
wood chips, mixed, u=120%, at forest	RER	0	m3	0	0	0	0	0	0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU1:05);
wood chips, hardwood, u=80%, at forest	RER	0	m3	0	0	0	0	2.47E-4	2.47E-4	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU1:05);
transport, tractor and trailer	CH	0	tkm	6.44E-4	6.44E-4	0	0	0	0	1	2.09	(4,5,nana,nana,BU:2);
transport, lorry 20-28t, fleet average	CH	0	tkm	0	0	5.87E-3	5.87E-3	2.13E-3	2.13E-3	1	2.09	(4,5,nana,nana,BU:2);
disposal, wood ash mixture, pure, 0% water, to municipal incineration	CH	0	kg	2.80E-4	2.80E-4	1.19E-4	1.19E-4	2.50E-4	2.50E-4	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU1:05);
disposal, wood ash mixture, pure, 0% water, to landfarming	CH	0	kg	2.80E-4	2.80E-4	1.19E-4	1.19E-4	2.50E-4	2.50E-4	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU1:05);
emission air, high population density												
Acetaldehyde	-	-	kg	6.10E-8	6.10E-8	6.10E-8	6.10E-8	6.10E-8	6.10E-8	1	1.50	(1,1,2,1,1,1,BU1:5);
Ammonia	-	-	kg	1.73E-6	1.73E-6	1.73E-6	1.73E-6	1.73E-6	1.73E-6	1	1.20	(1,1,2,1,1,1,BU1:12);
Arsenic	-	-	kg	1.00E-9	1.00E-9	1.00E-9	1.00E-9	1.00E-9	1.00E-9	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5);
Benzene	-	-	kg	9.10E-7	9.10E-7	9.10E-7	9.10E-7	9.10E-7	9.10E-7	1	3.00	(1,1,2,1,1,1,BU:3);
Benzene, ethyl-	-	-	kg	3.00E-8	3.00E-8	3.00E-8	3.00E-8	3.00E-8	3.00E-8	1	3.00	(1,1,2,1,1,1,BU:3);
Benzene, hexachloro-	-	-	kg	7.20E-15	7.20E-15	7.20E-15	7.20E-15	7.20E-15	7.20E-15	1	3.00	(1,1,2,1,1,1,BU:3);
Benzo(a)pyrene	-	-	kg	5.00E-10	5.00E-10	5.00E-10	5.00E-10	5.00E-10	5.00E-10	1	3.00	(1,1,2,1,1,1,BU:3);
Bromine	-	-	kg	6.00E-8	6.00E-8	6.00E-8	6.00E-8	6.00E-8	6.00E-8	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5);
Cadmium	-	-	kg	7.00E-10	7.00E-10	7.00E-10	7.00E-10	7.00E-10	7.00E-10	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5);
Calcium	-	-	kg	5.85E-6	5.85E-6	5.85E-6	5.85E-6	5.85E-6	5.85E-6	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5);
Carbon dioxide, biogenic	-	-	kg	9.66E-2	9.66E-2	9.65E-2	9.65E-2	1.07E-1	1.07E-1	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU1:05);
Carbon monoxide, biogenic	-	-	kg	9.57E-5	9.57E-5	9.80E-5	9.80E-5	3.71E-5	3.71E-5	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5); Prüferichte
Chlorine	-	-	kg	1.80E-7	1.80E-7	1.80E-7	1.80E-7	1.80E-7	1.80E-7	1	1.50	(1,1,2,1,1,1,BU1:5);
Chromium	-	-	kg	3.96E-9	3.96E-9	3.96E-9	3.96E-9	3.96E-9	3.96E-9	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5);
Chromium VI	-	-	kg	4.00E-11	4.00E-11	4.00E-11	4.00E-11	4.00E-11	4.00E-11	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5);
Copper	-	-	kg	2.20E-8	2.20E-8	2.20E-8	2.20E-8	2.20E-8	2.20E-8	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5);
Dinitrogen monoxide	-	-	kg	4.00E-6	4.00E-6	2.50E-6	2.50E-6	3.00E-6	3.00E-6	1	1.50	(1,1,2,1,1,1,BU1:5);
Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	-	-	kg	3.10E-14	3.10E-14	3.10E-14	3.10E-14	3.10E-14	3.10E-14	1	3.00	(1,1,2,1,1,1,BU:3);
Fluorine	-	-	kg	5.00E-8	5.00E-8	5.00E-8	5.00E-8	5.00E-8	5.00E-8	1	1.50	(1,1,2,1,1,1,BU1:5);
Formaldehyde	-	-	kg	1.30E-7	1.30E-7	1.30E-7	1.30E-7	1.30E-7	1.30E-7	1	1.50	(1,1,2,1,1,1,BU1:5);
Heat, waste	-	-	MJ	1.08E+0	1.08E+0	1.08E+0	1.08E+0	1.08E+0	1.08E+0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU1:05);
Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	-	-	kg	9.10E-7	9.10E-7	9.10E-7	9.10E-7	9.10E-7	9.10E-7	1	1.50	(1,1,2,1,1,1,BU1:5);
Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	-	-	kg	3.10E-6	3.10E-6	3.10E-6	3.10E-6	3.10E-6	3.10E-6	1	1.50	(1,1,2,1,1,1,BU1:5);
Lead	-	-	kg	2.50E-8	2.50E-8	2.50E-8	2.50E-8	2.50E-8	2.50E-8	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5);
Magnesium	-	-	kg	3.60E-7	3.60E-7	3.60E-7	3.60E-7	3.60E-7	3.60E-7	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5);
Manganese	-	-	kg	1.70E-7	1.70E-7	1.70E-7	1.70E-7	1.70E-7	1.70E-7	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5);
Mercury	-	-	kg	3.00E-10	3.00E-10	3.00E-10	3.00E-10	3.00E-10	3.00E-10	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5);
Methane, biogenic	-	-	kg	3.94E-6	3.94E-6	1.79E-7	1.79E-7	5.08E-7	5.08E-7	1	1.50	(1,1,2,1,1,1,BU1:5); Prüferichte, scaled from account
m-Xylene	-	-	kg	1.20E-7	1.20E-7	1.20E-7	1.20E-7	1.20E-7	1.20E-7	1	1.50	(1,1,2,1,1,1,BU1:5);
Nickel	-	-	kg	6.00E-9	6.00E-9	6.00E-9	6.00E-9	6.00E-9	6.00E-9	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5);
Nitrogen oxides	-	-	kg	8.44E-5	8.44E-5	8.32E-5	8.32E-5	9.45E-5	9.45E-5	1	1.50	(1,1,2,1,1,1,BU1:5); Prüferichte
NM VOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	-	-	kg	1.92E-6	1.92E-6	8.97E-7	8.97E-7	6.53E-7	6.53E-7	1	1.50	(1,1,2,1,1,1,BU1:5); Prüferichte, scaled from account
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	-	-	kg	1.11E-8	1.11E-8	1.11E-8	1.11E-8	1.11E-8	1.11E-8	1	3.00	(1,1,2,1,1,1,BU:3);
Particulates, < 2.5 um	-	-	kg	1.49E-5	3.71E-6	1.32E-5	3.29E-6	2.11E-5	5.27E-6	1	3.00	(1,1,2,1,1,1,BU:3); Prüferichte
Phenol, pentachloro-	-	-	kg	8.10E-12	8.10E-12	8.10E-12	8.10E-12	8.10E-12	8.10E-12	1	1.50	(1,1,2,1,1,1,BU1:5);
Phosphorus	-	-	kg	3.00E-7	3.00E-7	3.00E-7	3.00E-7	3.00E-7	3.00E-7	1	1.50	(1,1,2,1,1,1,BU1:5);
Potassium	-	-	kg	2.34E-5	2.34E-5	2.34E-5	2.34E-5	2.34E-5	2.34E-5	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5);
Sodium	-	-	kg	1.30E-6	1.30E-6	1.30E-6	1.30E-6	1.30E-6	1.30E-6	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5);
Sulfur dioxide	-	-	kg	2.50E-6	2.50E-6	2.50E-6	2.50E-6	2.50E-6	2.50E-6	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU1:05);
Toluene	-	-	kg	3.00E-7	3.00E-7	3.00E-7	3.00E-7	3.00E-7	3.00E-7	1	1.50	(1,1,2,1,1,1,BU1:5);
Zinc	-	-	kg	3.00E-7	3.00E-7	3.00E-7	3.00E-7	3.00E-7	3.00E-7	1	5.00	(1,1,2,1,1,1,BU:5);

Tab. 3.3 Sachbilanzdaten zur Verbrennung von Biogas am Eingang Gebäude oder Tank, bezogen auf den unteren Heizwert und den oberen Heizwert ohne Boilerinfrastruktur

Name	Location	InfrastructureProcess	Unit	biogas, burned in boiler condensing modulating <100kW	biogas, burned in boiler condensing modulating <100kW (Proj. 210)	uncertaintyType	StandardDeviation 95%	GeneralComment
Location								
InfrastructureProcess				RER	RER			
Unit				0 MJ	0 MJ			
biogas, burned in boiler condensing modulating <100kW	RER	0	MJ	1.00	0.00			
biogas, burned in boiler condensing modulating <100kW (Proj. 210)	RER	0	MJ	0.00	1.11			
technosphere								
methane, 96 vol-%, from biogas, low pressure, at consumer	CH	0	MJ	1.00E+0	1.00E+0	1	1.20	CH module used for RER
electricity, low voltage, production UCTE, at grid	UCTE	0	kWh	2.78E-3	2.78E-3	1	2.00	range of electricity for pumps etc., different literature
gas boiler	RER	1	unit	6.60E-7	0	1	1.50	uncertainty of life time and extrapolation to range of capacity
emission air, high population density								
Heat, waste			MJ	1.11E+0	1.11E+0	1	1.00	uncertainty of operation supply energy and heating value
Acetaldehyde			kg	1.00E-9	1.00E-9	1	8.00	rough estimate, high uncertainty
Benzo(a)pyrene			kg	1.00E-11	1.00E-11	1	8.00	rough estimate, high uncertainty
Benzene			kg	4.00E-7	4.00E-7	1	8.00	rough estimate, high uncertainty
Butane			kg	7.00E-7	7.00E-7	1	8.00	rough estimate, high uncertainty
Methane, fossil			kg	2.00E-6	2.00E-6	1	8.00	rough estimate, high uncertainty
emission air, high population density								
Carbon dioxide, biogenic	-	-	kg	5.90E-6	5.90E-6	1	7.40	calculated based on (SVGW 2002)
Carbon monoxide, biogenic	-	-	kg	5.60E-2	5.60E-2	1	1.10	composition of natural gas
emission air, high population density								
Acetic acid			kg	1.50E-7	1.50E-7	1	8.00	rough estimate, high uncertainty
Formaldehyde			kg	1.00E-7	1.00E-7	1	8.00	rough estimate, high uncertainty
Mercury			kg	3.00E-11	3.00E-11	1	5.00	trace element in natural gas
Dinitrogen monoxide			kg	5.00E-7	5.00E-7	1	8.00	rough estimate, high uncertainty
Nitrogen oxides			kg	9.90E-6	9.90E-6	1	3.60	calculated based on (SVGW 2002)
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons			kg	1.00E-8	1.00E-8	1	8.00	rough estimate, high uncertainty
Particulates, < 2.5 um			kg	1.00E-7	1.00E-7	1	2.00	literature
Pentane			kg	1.20E-6	1.20E-6	1	8.00	rough estimate, high uncertainty
Propane			kg	2.00E-7	2.00E-7	1	8.00	rough estimate, high uncertainty
Propionic acid			kg	2.00E-8	2.00E-8	1	8.00	rough estimate, high uncertainty
Sulfur dioxide			kg	5.00E-7	5.00E-7	1	1.10	composition of natural gas
Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin			kg	3.00E-17	3.00E-17	1	8.00	rough estimate, high uncertainty
Toluene			kg	2.00E-7	2.00E-7	1	8.00	rough estimate, high uncertainty
emission water, river								
Nitrate			kg	1.30E-7	1.30E-7	1	3.00	literature, range of values
Nitrite			kg	3.00E-9	3.00E-9	1	3.00	literature, range of values
Sulfate			kg	5.00E-8	5.00E-8	1	3.00	literature, range of values
Sulfite			kg	5.00E-8	5.00E-8	1	3.00	literature, range of values

Tab. 3.4 Sachbilanzdaten zur Bereitstellung von Nutzwärme mittels Stückholz, Holzpellets, Holzschntzel (mit und ohne Partikelfilter) und Biogas; am Ausgang Energiewandler.

Name	Location	InfrastructureProcess	Unit	heat, mixed logs, at furnace 30kW, adjusted PM, without PF	heat, mixed logs, at furnace 30kW, adjusted PM, with PF	heat, wood pellets, at furnace 50kW, adjusted PM, without PF	heat, wood pellets, at furnace 50kW, adjusted PM, with PF	heat, hardwood chips, at furnace 50kW, adjusted PM, without PF	heat, hardwood chips, at furnace 50kW, adjusted PM, with PF	heat, biogas, at boiler condensing modulating <100kW	uncertaintyType	StandardDeviation 95%	GeneralComment
Location													
InfrastructureProcess				CH	CH	CH	CH	CH	CH	RER			
Unit				0 MJ	0 MJ	0 MJ	0 MJ	0 MJ	0 MJ	0 MJ			
heat, mixed logs, at furnace 30kW, adjusted PM, without PF	CH	0	MJ	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
heat, mixed logs, at furnace 30kW, adjusted PM, with PF	CH	0	MJ	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
heat, wood pellets, at furnace 50kW, adjusted PM, without PF	CH	0	MJ	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
heat, wood pellets, at furnace 50kW, adjusted PM, with PF	CH	0	MJ	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00			
heat, hardwood chips, at furnace 50kW, adjusted PM, without PF	CH	0	MJ	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00			
heat, hardwood chips, at furnace 50kW, adjusted PM, with PF	CH	0	MJ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00			
heat, biogas, at boiler condensing modulating <100kW	RER	0	MJ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00			
technosphere													
logs, mixed, burned in furnace 30kW, adjusted PM, without PF	CH	0	MJ	1.47E+0	0	0	0	0	0	0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1, BU:1.05); logs, mixed, burned in furnace
logs, mixed, burned in furnace 30kW, adjusted PM, with PF	CH	0	MJ	0	1.47E+0	0	0	0	0	0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1, BU:1.05); logs,
pellets, mixed, burned in furnace 50kW, adjusted PM, without PF	CH	0	MJ	0	0	1.18E+0	0	0	0	0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1, BU:1.05); pellets, mixed, burned in
pellets, mixed, burned in furnace 50kW, adjusted PM, with PF	CH	0	MJ	0	0	0	1.18E+0	0	0	0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1, BU:1.05); pellets, mixed, burned in
wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW, adjusted PM, without PF	CH	0	MJ	0	0	0	0	1.25E+0	0	0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1, BU:1.05); wood chips, from forest,
wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW, adjusted PM, with PF	CH	0	MJ	0	0	0	0	0	1.25E+0	0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1, BU:1.05); wood chips, from forest,
biogas, burned in boiler condensing modulating <100kW	RER	0	MJ	0	0	0	0	0	0	9.80E-1	1	1.06	(1,1,2,1,1,1, BU:1.05); natural gas, burned in

Literaturverzeichnis

- Bauer et al. 2012
Bauer C., Frischknecht R., Eckle P., Flury K., Neal T., Papp K., Schori S., Simons A., Stucki M. and Treyer K. (2012) Umweltauswirkungen der Stromerzeugung in der Schweiz. ESU-services Ltd & Paul Scherrer Institute im Auftrag des Bundesamts für Energie BFE, Uster & Villigen.
- ecoinvent Centre 2010
ecoinvent Centre (2010) ecoinvent data v2.2, ecoinvent reports No. 1-25. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Duebendorf, Switzerland, retrieved from: www.ecoinvent.org.
- Ecoplan 2012
Ecoplan (2012) Energiestrategie 2050 - Volkswirtschaftliche Auswirkungen; Analyse in einem berechenbaren Gleichgewichtsmodell für die Schweiz. Bundesamt für Energie, BFE, Bern.
- Frischknecht et al. 2010
Frischknecht R., Stucki M. and Nussbaumer T. (2010) Machbarkeitsstudie für eine Umweltetikette für Holzfeuerungen. ESU-services GmbH und Ingenieurbüro Verenum im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, Uster und Zürich.
- Frischknecht et al. 2012
Frischknecht R., Itten R., Stucki M. and Flury K. (2012) Primärenergiefaktoren von Energiesystemen, Version 2.2. im Auftrag des Bundesamtes für Energie BFE, Uster, CH, retrieved from: http://treeze.ch/fileadmin/user_upload/downloads/Publications/Casestudies/Energy/frischknecht-2012-PEF-Energiesysteme-v2.2.pdf.
- KBOB et al. 2012
KBOB, eco-bau and IPB (2012) Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand Juli 2012. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: <http://www.bbl.admin.ch/kbob/00493/00495/index.html?lang=de>.
- PRé Consultants 2012
PRé Consultants (2012) SimaPro 7.3.3, Amersfoort, NL, retrieved from: www.esu-services.ch/simapro/.
- Schwermer et al. 2012
Schwermer S., Preiss P. and Müller W. (2012) Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom und Wärmeerzeugung - Anhang B der „Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten“. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Rosslau.

Anhang

Externe Kosten Luftschadstoffe gemäss ECOPLAN

Tab. A.1 zeigt die externen Kosten von Luftschadstoffen gemäss ECOPLAN (2012). Für die externen Kosten der Klimaschäden wird ein Kostensatz von 100 CH angewendet (siehe Tab. A.2).

Tab. A.1 Externe Kosten von Luftschadstoffen gemäss ECOPLAN (2012)

Luftschadstoffe			
Kompartiment	Substanz	Einheit	Standard
Air	Ammonia	CHF / Tonne	51'840
Air	Nitrogen oxides	CHF / Tonne	35'640
Air	Particulates, < 10 um	CHF / Tonne	162'000
Air	Particulates, < 10 um (mobile)	CHF / Tonne	162'000
Air	Particulates, < 10 um (stationary)	CHF / Tonne	162'000
Air	Particulates, < 2.5 um	CHF / Tonne	162'000
Air	Particulates, > 2.5 um, and < 10um	CHF / Tonne	162'000
Air	Particulates, diesel soot	CHF / Tonne	162'000
Air	Sulfur dioxide	CHF / Tonne	32'400

Externe Kosten Treibhausgase gemäss ECOPLAN

Tab. A.2 Inländische und ausländische externe Kosten von Treibhausgasen gemäss ECOPLAN (2012) und Schwermer et al. (2012)

Klimawandel Kompartiment	Substanz	Einheit	Inland	Ausland
Air	1-Propanol, 3,3,3-trifluoro-2,2-bis(trifluoromethyl)-, HFE-7100	CHF / Tonne	11'880	29'700
Air	Butane, 1,1,1,3,3-pentafluoro-, HFC-365mc	CHF / Tonne	31'760	79'400
Air	Butane, perfluoro-	CHF / Tonne	354'400	886'000
Air	Butane, perfluorocyclo-, PFC-318	CHF / Tonne	412'000	1'030'000
Air	Carbon dioxide	CHF / Tonne	40	100
Air	Carbon dioxide, fossil	CHF / Tonne	40	100
Air	Carbon dioxide, land transformation	CHF / Tonne	40	100
Air	Chloroform	CHF / Tonne	1'240	3'100
Air	Dimethyl ether	CHF / Tonne	40	100
Air	Dinitrogen monoxide	CHF / Tonne	11'920	29'800
Air	Ethane, 1-chloro-1,1-difluoro-, HCFC-142b	CHF / Tonne	92'400	231'000
Air	Ethane, 1-chloro-2,2,2-trifluoro-(difluoromethoxy)-, HCFC-235da2	CHF / Tonne	14'000	35'000
Air	Ethane, 1,1-dichloro-1-fluoro-, HCFC-141b	CHF / Tonne	29'000	72'500
Air	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	CHF / Tonne	4'960	12'400
Air	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	CHF / Tonne	5'840	14'600
Air	Ethane, 1,1,1-trifluoro-, HFC-143a	CHF / Tonne	178'800	447'000
Air	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	CHF / Tonne	57'200	143'000
Air	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	CHF / Tonne	245'200	613'000
Air	Ethane, 1,1,2-trifluoro-, HFC-143	CHF / Tonne	14'120	35'300
Air	Ethane, 1,1,2,2-tetrafluoro-, HFC-134	CHF / Tonne	44'000	110'000
Air	Ethane, 1,2-dibromotetrafluoro-, Halon 2402	CHF / Tonne	65'600	164'000
Air	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	CHF / Tonne	400'000	1'000'000
Air	Ethane, 1,2-difluoro-, HFC-152	CHF / Tonne	2'120	5'300
Air	Ethane, 2-chloro-1,1,1,2-tetrafluoro-, HCFC-124	CHF / Tonne	24'360	60'900
Air	Ethane, 2,2-dichloro-1,1,1-trifluoro-, HCFC-123	CHF / Tonne	3'080	7'700
Air	Ethane, chloropentafluoro-, CFC-115	CHF / Tonne	294'800	737'000
Air	Ethane, fluoro-, HFC-161	CHF / Tonne	480	1'200
Air	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	CHF / Tonne	488'000	1'220'000
Air	Ethane, pentafluoro-, HFC-125	CHF / Tonne	140'000	350'000
Air	Ether, 1,1,1-trifluoromethyl methyl-, HFE-143a	CHF / Tonne	30'240	75'600
Air	Ether, 1,1,2,2-Tetrafluoroethyl 2,2,2,2-tetrafluoroethyl-, HFE-347mcc3	CHF / Tonne	23'000	57'500
Air	Ether, 1,1,2,2-Tetrafluoroethyl 2,2,2,2-tetrafluoroethyl-, HFE-347mct2	CHF / Tonne	14'960	37'400
Air	Ether, 1,1,2,2-Tetrafluoroethyl methyl-, HFE-254cb2	CHF / Tonne	14'360	35'900
Air	Ether, 1,1,2,3,3,3-Hexafluoropropyl methyl-, HFE-356mec3	CHF / Tonne	4'040	10'100
Air	Ether, 1,1,2,3,3,3-Hexafluoropropyl methyl-, HFE-356pcc3	CHF / Tonne	4'400	11'000
Air	Ether, 1,1,2,3,3,3-Hexafluoropropyl methyl-, HFE-356pcc2	CHF / Tonne	10'600	26'500
Air	Ether, 1,1,2,3,3,3-Hexafluoropropyl methyl-, HFE-356pcc3	CHF / Tonne	20'080	50'200
Air	Ether, 1,2,2-trifluoroethyl trifluoromethyl-, HFE-236ea2	CHF / Tonne	39'560	98'900
Air	Ether, 1,2,2-trifluoroethyl trifluoromethyl-, HFE-236fa	CHF / Tonne	19'480	48'700
Air	Ether, 2,2,3,3,3-Pentafluoropropyl methyl-, HFE-365mcf3	CHF / Tonne	440	1'100
Air	Ether, di(difluoromethyl), HFE-134	CHF / Tonne	252'800	632'000
Air	Ether, difluoromethyl 2,2,2-trifluoroethyl-, HFE-245cb2	CHF / Tonne	28'320	70'800
Air	Ether, difluoromethyl 2,2,2-trifluoroethyl-, HFE-245fa1	CHF / Tonne	11'440	28'600
Air	Ether, difluoromethyl 2,2,2-trifluoroethyl-, HFE-245fa2	CHF / Tonne	26'360	65'900
Air	Ether, ethyl 1,1,2,2-tetrafluoroethyl-, HFE-374pc2	CHF / Tonne	22'280	55'700
Air	Ether, nonafluorobutane ethyl-, HFE569s12 (HFE-7200)	CHF / Tonne	2'360	5'900
Air	Ether, pentafluoromethyl-, HFE-125	CHF / Tonne	596'000	1'490'000
Air	Hexane, perfluoro-	CHF / Tonne	372'000	930'000
Air	HFE-227EA	CHF / Tonne	61'600	154'000
Air	HFE-236ca12 (HG-10)	CHF / Tonne	112'000	280'000
Air	HFE-263b2	CHF / Tonne	440	1'100
Air	HFE-329mcc2	CHF / Tonne	36'760	91'900
Air	HFE-338mct2	CHF / Tonne	22'080	55'200
Air	HFE-338pcc13 (HG-01)	CHF / Tonne	60'000	150'000
Air	HFE-347pcc2	CHF / Tonne	23'200	58'000
Air	HFE-43-10pccc124 (H-Galden1040x)	CHF / Tonne	74'800	187'000
Air	Methane	CHF / Tonne	1'000	2'500
Air	Methane, biogenic	CHF / Tonne	880	2'200
Air	Methane, bromo-, Halon 1001	CHF / Tonne	200	500
Air	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	CHF / Tonne	75'800	189'000
Air	Methane, bromodifluoro-, Halon 1201	CHF / Tonne	16'160	40'400
Air	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	CHF / Tonne	285'800	714'000
Air	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	CHF / Tonne	72'400	181'000
Air	Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	CHF / Tonne	576'000	1'440'000
Air	Methane, dibromo-	CHF / Tonne	62	154
Air	Methane, dichloro-, HCC-30	CHF / Tonne	348	870
Air	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	CHF / Tonne	436'000	1'090'000
Air	Methane, dichlorodifluoro-, HCFC-21	CHF / Tonne	6'040	15'100
Air	Methane, difluoro-, HFC-32	CHF / Tonne	27'000	67'500
Air	Methane, fluoro-, HFC-41	CHF / Tonne	3'680	9'200
Air	Methane, fossil	CHF / Tonne	1'000	2'500
Air	Methane, iodotrifluoro-	CHF / Tonne	16	40
Air	Methane, monochloro-, R-40	CHF / Tonne	520	1'300
Air	Methane, tetrachloro-, CFC-10	CHF / Tonne	56'000	140'000
Air	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	CHF / Tonne	295'600	739'000
Air	Methane, trichlorodifluoro-, CFC-11	CHF / Tonne	190'000	475'000
Air	Methane, trifluoro-, HFC-23	CHF / Tonne	592'000	1'480'000
Air	Nitrogen fluoride	CHF / Tonne	688'000	1'720'000
Air	Pentane, 2,3-dihydroperfluoro-, HFC-4310mee	CHF / Tonne	65'600	164'000
Air	Pentane, perfluoro-	CHF / Tonne	366'400	916'000
Air	PFC-9-1-18	CHF / Tonne	300'000	750'000
Air	PFPME	CHF / Tonne	412'000	1'030'000
Air	Propane, 1,1,1,2,2,3-hexafluoro-, HFC-236cb	CHF / Tonne	53'600	134'000
Air	Propane, 1,1,1,2,3,3-hexafluoro-, HFC-236ea	CHF / Tonne	54'800	137'000
Air	Propane, 1,1,1,2,3,3,3-heptafluoro-, HFC-227ea	CHF / Tonne	128'800	322'000
Air	Propane, 1,1,1,3,3,3-hexafluoro-, HCFC-236fa	CHF / Tonne	392'400	981'000
Air	Propane, 1,1,2,2,3-pentafluoro-, HFC-245ca	CHF / Tonne	27'720	69'300
Air	Propane, 1,1,3,3,3-tetrafluoro-, HFC-245fa	CHF / Tonne	41'200	103'000
Air	Propane, 1,3-dichloro-1,1,2,2,3-pentafluoro-, HCFC-225cb	CHF / Tonne	23'800	59'600
Air	Propane, 3,3-dichloro-1,1,1,2,2-pentafluoro-, HCFC-225ca	CHF / Tonne	4'880	12'200
Air	Propane, perfluoro-	CHF / Tonne	353'200	883'000
Air	Propane, perfluorocyclo-	CHF / Tonne	693'600	1'734'000
Air	Sulfur hexafluoride	CHF / Tonne	912'000	2'280'000
Air	Trifluoromethylsulfur pentafluoride	CHF / Tonne	708'000	1'770'000