treeze
fair life cycle thinking

treeze Ltd., Kanzleistrasse 4, CH-8610 Uster, www.treeze.ch

Primärenergiefaktoren von Energiesystemen

v.2.2+, Stand 2014

Autoren
René Itten, Rolf Frischknecht

Kunden
Bundesamt für Umwelt BAFU, Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB

Uster, Juni 2014

Impressum

Titel	Primärenergiefaktoren von Energiesystemen
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	Bundesamt für Umwelt BAFU, Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB
Liability Statement	Information contained herein have been compiled or arrived from sources believed to be reliable. Nevertheless, the authors or their organizations do not accept liability for any loss or damage arising from the use thereof. Using the given information is strictly your own responsibility.
Version	500-PEF-Energiesysteme-v1.01, 05.03.2015 10:54:00

Abkürzungsverzeichnis

a	annum (year)
AEW	Ausgang Energiewandler
ARA	Abwasserreinigungsanlage; engl. wastewater treatment
CED	Cumulative Energy Demand
CH	Schweiz
CO_2	Kohlendioxid
EFH	Einfamilienhaus
EGoT	Eingang Gebäude oder Tank
EL	Extra leicht (meist Heizöl EL)
ENTSO-E	Verband Europäischer Netzbetreiber zur Stromübertragung (European Network of Transmission System Operators for Electricity)
EWP	Erdwärmepumpe
GLO	Global average
GuD	Gas und Dampf
GWP	Global warming potential
JAZ	Jahresarbeitszahl
KBOB	Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage; engl. municipal waste incineration
kWh	Kilowattstunde
kWp	Kilowattpeak (Spitzenleistung von Fotovoltaikanlagen)
LCA	life cycle assessment
LCI	life cycle inventory analysis
LCIA	life cycle impact assessment
MFH	Mehrfamilienhaus
MJ	Megajoule
m^2	Quadratmeter
m^3	Kubikmeter
NMVOC	non-methane volatile organic compounds
PEF	Primärenergiefaktor
RER	Europe
RH	Raumheizung
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
tkm	Tonnenkilometer, Einheit für Transportdienstleistungen
UBP	Umweltbelastungspunkte; engl. eco-points
VUE	Verein für umweltgerechte Elektrizität
WW	Warmwasser

Inhalt

1 EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG 2

1.1 Übersicht 2

1.2 Bezugsgrösse 2

1.3 Systemgrenzen und Modellierungsgrundsätze 3

2 RESULTATTABELLEN 4

3 AKTUALISIERUNGEN IN DER ENERGIEBEREITSTELLUNG 9

4 SACHBILANZEN: EINGANG GEBÄUDE ODER TANK GELIEFERTE ENERGIE 11

4.1 Brennstoffe fossil 11

4.1.1 Fossile Brennstoffe : Heizöl EL, Erdgas, Koks und Kohle Brikett 11

4.1.2 Propan / Butan 12

4.2 Brennstoffe Biomasse 12

4.2.1 Grüngutvergärung 13

4.2.2 Biogasmix und -aufbereitung 13

4.2.3 Holzfeuerungen 15

4.2.4 Biogasfeuerung 18

4.3 Treibstoffe fossil & Biomasse 20

4.4 Wärme : Fernwärme 24

4.4.1 Übersicht der eingesetzten Energieträger 24

4.4.2 Wärmeproduktion mittels Abwasserwärmepumpe 26

4.4.3 Blockheizkraftwerk Biogas 26

4.4.4 Blockheizkraftwerk Biogas, Landwirtschaft 27

4.4.5 Transport von Fernwärme 27

4.5 Elektrizitätserzeugung und dessen Bezug via Netz 29

4.5.1 Übersicht der modellierten Technologien 29

4.5.2 Fotovoltaik 30

4.5.3 Geothermie 31

4.5.4 Verluste der verschiedenen Spannungsebenen 32

4.5.5 Schweizer Strommix 33

5 SACHBILANZEN: ENERGIE AM AUSGANG ENERGIEWANDLER 35
5.1 Brenn- und Treibstoffe 35
5.2 Wärme : am Gebäudestandort 36
5.3 Elektrizitätserzeugung am Gebäudestandort 37
6 SACHBILANZEN KOLLEKTOR- UND FOTOVOLTAIKANLAGEN 38
6.1 Kollektoranlagen 38
6.2 Fotovoltaikanlagen 39
7 SACHBILANZEN HEIZUNGS-, LÜFTUNGS-, SANITÄR- UND ELEKTROANLAGEN 41
7.1 Heizungsanlagen 41
7.2 Lüftungsanlagen 42
7.3 Sanitäranlagen 43
7.4 Elektroanlagen 43
8 PARAMETRISIERTE RECHNER 44
8.1 Strommix-Rechner 44
8.2 Fernwärme-Rechner 45
8.3 Wärmepumpen-Rechner 45
9 LITERATUR 47
10 ANHANG 49

1 Einleitung und Fragestellung

Für die Umsetzung der 2000W-Gesellschaft in der Schweiz, in Kantonen, Regionen, Gemeinden und Städten, für SIA Energieausweis für Gebäude und für die SIA Merkblätter Graue Energie von Gebäuden (SIA 2032), SIA-Effizienzpfad Energie (SIA 2040), Verkehr (SIA 2039) werden Faktoren zum Kumulierten Energieaufwand (Primärenergiefaktoren), zu den Treibhausgasemissionen und zu den Umweltbelastungspunkten 2013 von Energiesystemen benötigt. Diese Faktoren sowie eine Beschreibung der verwendeten Datensätze und Annahmen befinden sich in diesem Bericht. Die zusammenfassenden Tabellen mit allen Faktoren befinden sich auf den Seiten 5 bis 8 (Tab. 2.1 bis Tab. 2.4). Es handelt sich um eine weitere Aktualisierung der 2008 erstmals publizierten Liste.

1.1 Übersicht

In den nachfolgenden Abschnitten dieses Kapitels wird auf die Bezugsgrössen, die Systemgrenzen und die Modellierungsgrundsätze eingegangen. Im Kapitel 3 werden die aktualisierten Hintergrunddaten für die Energiebereitstellung beschrieben. In den Kapiteln 4 und 5 sind die Bilanzen der einzelnen Energiesysteme und die getroffenen Annahmen dokumentiert. Kapitel 6 bis 7 enthält eine Beschreibung der verwendeten Sachbilanzdaten der Herstellung von Sonnenkollektoren & Solarpanels (pro m^2 beziehungsweise pro kWp) und der Heizungs-, Lüftungs-, Sanitär & Elektroanlagen.

In Kapitel 8 sind die parametrisierten Modelle (Stromrechner, Wärmepumpenrechner und Fernwärmerechner) beschrieben, welche integrale Bestandteile dieses Dokumentes sind. Diese Modelle können als Webrechner auf der Website von treeze GmbH (www.treeze.ch/calculators) genutzt werden.

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 m^3 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
- Elektrizität, erneuerbar am Gebäudestandort:
  1 MJ Strom ans Niederspannungsverteilnetz des Hauses geliefert
- Elektrizität, Bezug via Netz:
  1 MJ Strom ans Niederspannungsverteilnetz des Hauses geliefert

1.3 Systemgrenzen und Modellierungsgrundsätze

Es werden zwei unterschiedliche Betrachtungsweisen modelliert:

- Eingang Gebäude beziehungsweise Tank (EGoT, siehe Tab. 2.1):
  Die Faktoren beziehen sich auf die in das Gebäude beziehungsweise in den Tank gelieferte Energie. Bei den Faktoren 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 Faktoren von am Standort erzeugter Energie (Wärme und Strom) beinhalten die Herstellung der Energiewandler (Sonnenkollektoren, Fotovoltaikpanel, Wärmepumpenaggregat und Wärmetauscher).
- Ausgang Energiewandler (AEW, siehe Tab. 2.2):
  Die Faktoren 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.

Die Infrastrukturaufwendungen entlang der Energiebereitstellung (Raffinerie, Bohrinseln, Kernkraftwerk, Stahlwerk) sind in beiden Fällen in den Ergebnissen 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 Fernwärmeversorgungnetzes 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. Diese Wahl ist insbesondere relevant bezüglich der Gesamtumweltbelastung (Methode der ökologischen Knappheit 2013).
- Energie, welche als Nebenprodukt aus anderen Prozessen entsteht (z.B. Abwärme aus der Kehrichtverbrennung) wird in der Energiebilanz wie folgt behandelt:
  Die von einer Kehrichtverbrennungsanlage gelieferte Wärme im Fernwärmenetz stammt ursprünglich aus dem Abfall. Die Primärenergie der verbrannten Abfälle wurde bereits während der Herstellung der entsorgten Produkte verbucht (beispielsweise bei Kunststoffverpackungen als fossile Primärenergie). Die aus Abfällen und Abwärme gewonnene Energiemenge wird deshalb lediglich pro memoria mittels eines Primärenergiefaktors „Abwärme / Abfall“ quantifiziert. So wird für 1 MJ Wärme, die von einer KVA in ein Fernwärmenetz gespeist wird, 1 MJ des Primärenergiefaktor „Abwärme/Abfall“ verbucht. Wärme und Strom aus Biogas wird analog behandelt, da das Biogas aus biogenen Abfällen beziehungsweise Gülle gewonnen wird. Der Anteil

„Primärenergie Abwärme/Abfall“ ist in der Summe „Primärenergie total“ nicht enthalten.

Zusätzlich sind in Tab. 2.3 die Umweltbelastungen von Sonnenkollektoren und Fotovoltaikanlagen pro m^2 Fläche und pro kWp Leistung aufgeführt. Die Faktoren beziehen sich auf die installierte Fläche bzw. die installierte Leistung der Anlagen. Die Faktoren beinhalten die Herstellung der Sonnenkollektoren, Fotovoltaikanlagen und die entsprechenden Umweltauswirkungen entlang der gesamten Versorgungskette (Herstellung Polysilizium, Siliziumwafer und Anlagen und deren Installation). Der Betrieb der Sonnenkollektoren und Fotovoltaikanlagen ist nicht enthalten. Es wird davon ausgegangen, dass die Sonnenkollektoren und Fotovoltaikanlagen am Ende der Lebensdauer vollständig rezykliert werden (Stucki & Jungbluth 2010, Jungbluth et al. 2012).

2 Resultattabellen

Die Tabellen Tab. 2.1, Tab. 2.2 und Tab. 2.3 zeigen die Umweltauswirkungen von Energiesystemen am Eingang Gebäude oder Tank (EGoT, Tab. 2.1), am Ausgang Energiewandler (AEW, Tab. 2.2) und für installierte Sonnenkollektoren und Fotovoltaikanlagen (Tab. 2.3).

Tab. 2.1 Primärenergiefaktoren und Umweltauswirkungen von Energiesystemen EGoT: Bezugsgrösse ist die in den Tank oder in das Gebäude gelieferte Energie (oberer Heizwert); ohne Aufwendungen für die Herstellung des im Gebäude liegenden Energiewandlers beziehungsweise des Transportmittels; inklusive Betriebsemissionen des im Gebäude liegenden Energiewandlers beziehungsweise des Transportmittels; rot: neue Datensätze

	Kategorie	Technologie	Bezugsgrösse	Primärenergiefaktor total [MJ-eq]	Primärenergiefaktor fossil [MJ-eq]	Primärenergiefaktor nuklear [MJ-eq]	Primärenergiefaktor total erneuerbar [MJ-eq]	Primärenergiefaktor Abwärme / Abfall [MJ-eq]	CO2-Äquivalente [kg CO2-eq]	Kohlendioxid, fossil [kg]	Umweltbelastungspunkte [UBP13]
Brennstoffe	fossil	Heizöl EL	MJ	1.23	1.18	0.04	0.01	-	0.083	0.080	61.4
		Erdgas	MJ	1.07	1.05	0.01	0.00	-	0.063	0.057	38.0
		Propan/Butan	MJ	1.17	1.13	0.03	0.01	-	0.078	0.073	52.2
		Kohle Koks	MJ	1.67	1.65	0.02	0.01	-	0.122	0.102	132.4
		Kohle Brikett	MJ	1.19	1.18	0.01	0.01	-	0.111	0.086	126.1
	Biomasse	Stückholz	MJ	1.06	0.03	0.02	1.01	-	0.003	0.002	18.5
		Stückholz mit Partikelfilter	MJ	1.06	0.03	0.03	1.01	-	0.003	0.002	17.1
		Holzschnitzel	MJ	1.14	0.03	0.03	1.08	-	0.003	0.002	19.7
		Holzschnitzel mit Partikelfilter	MJ	1.15	0.03	0.03	1.08	-	0.003	0.002	17.8
		Pellets	MJ	1.21	0.12	0.08	1.02	-	0.010	0.008	22.7
		Pellets mit Partikelfilter	MJ	1.22	0.12	0.08	1.02	-	0.010	0.008	21.5
		Biogas	MJ	0.34	0.19	0.12	0.03	1.00	0.037	0.012	30.8
Treibstoffe	fossil	Diesel in Lkw	MJ	1.21	1.19	0.01	0.00	-	0.084	0.081	126.1
		Diesel in Baumaschine	MJ	1.23	1.21	0.01	0.00	-	0.083	0.081	114.9
		Diesel in Pkw	MJ	1.21	1.19	0.01	0.00	-	0.084	0.081	78.4
		Benzin in Pkw	MJ	1.27	1.25	0.02	0.00	-	0.089	0.084	83.9
		Erdgas in Pkw	MJ	1.14	1.09	0.04	0.01	-	0.064	0.059	55.6
		Strom in Pkw	MJ	3.14	0.47	2.21	0.45	-	0.038	0.035	131.1
		Benzin in Scooter	MJ	1.27	1.25	0.02	0.00	-	0.106	0.085	244.2
		Kerosin in Flugzeug	MJ	1.17	1.16	0.01	0.00	-	0.080	0.079	82.7
	Biomasse	Biogas in Pkw	MJ	0.36	0.17	0.15	0.03	1.00	0.033	0.011	45.2
Wärme	Fernwärme	Heizzentrale Oel	MJ	1.68	1.60	0.07	0.01	-	0.112	0.109	90.0
		Heizzentrale Gas	MJ	1.53	1.46	0.06	0.01	-	0.087	0.082	54.1
		Heizzentrale Holz	MJ	1.66	0.05	0.05	1.56	-	0.012	0.004	28.7
		Heizkraftwerk Holz	MJ	1.41	0.05	0.05	1.32	-	0.010	0.003	24.5
		Heizzentrale EWP Luft/Wasser (JAZ 2.8)	MJ	2.19	0.22	0.99	0.97	-	0.026	0.016	55.9
		Heizzentrale EWP Erdsonde (JAZ 3.9)	MJ	1.94	0.18	0.73	1.04	-	0.019	0.013	41.7
		Heizzentrale EWP Abwasser (JAZ 3.4)	MJ	1.11	0.18	0.78	0.16	0.85	0.015	0.013	37.7
		Heizzentrale EWP Grundwasser (JAZ 3.4)	MJ	2.04	0.20	0.83	1.01	-	0.021	0.014	46.4
		Heizzentrale Geothermie	MJ	1.53	0.11	0.06	1.36	-	0.006	0.005	19.0
		Heizkraftwerk Geothermie	MJ	0.59	0.08	0.05	0.46	0.79	0.004	0.004	13.5
		Kehrichtverbrennung	MJ	0.06	0.01	0.04	0.01	1.20	0.001	0.001	2.2
		Blockheizkraftwerk Diesel	MJ	0.63	0.57	0.05	0.01	0.78	0.040	0.038	32.2
		Blockheizkraftwerk Gas	MJ	0.61	0.56	0.04	0.01	0.72	0.035	0.030	23.5
		Blockheizkraftwerk Biogas	MJ	0.24	0.11	0.10	0.02	1.20	0.022	0.007	20.6
		Blockheizkraftwerk Biogas, Landwirtschaft	MJ	0.08	0.02	0.05	0.01	1.20	0.006	0.002	8.0
		Fernwärme, Durchschnitt, CH	MJ	0.87	0.46	0.09	0.32	0.58	0.030	0.027	25.3
		Fernwärme, Durchschnitt, KVA-Netze	MJ	0.71	0.38	0.07	0.26	0.61	0.025	0.022	20.5
Elektrizität	Elektrizitätsbezug via Netz	Atomkraftwerk	MJ	4.22	0.06	4.14	0.01	-	0.007	0.005	125.9
		Erdgaskombikraftwerk GuD	MJ	2.22	2.21	0.01	0.01	-	0.130	0.121	85.6
		Braunkohlekraftwerk (Dampf)	MJ	3.95	3.90	0.03	0.01	-	0.377	0.371	220.2
		Steinkohlekraftwerk (Dampf)	MJ	3.94	3.87	0.04	0.03	-	0.344	0.298	213.2
		Kraftwerk Schweröl	MJ	3.73	3.68	0.04	0.01	-	0.272	0.263	287.2
		Kehrichtverbrennung	MJ	0.02	0.01	0.00	0.00	1.12	0.002	0.001	9.0
		Heizkraftwerk Holz	MJ	3.73	0.12	0.02	3.59	-	0.028	0.008	71.0
		Blockheizkraftwerk Diesel	MJ	3.27	3.21	0.04	0.01	-	0.228	0.215	180.7
		Blockheizkraftwerk Gas	MJ	2.94	2.92	0.01	0.01	-	0.186	0.159	122.3
		Blockheizkraftwerk Biogas	MJ	0.93	0.52	0.33	0.08	1.12	0.114	0.033	105.0
		Blockheizkraftwerk Biogas, Landwirtschaft	MJ	0.19	0.09	0.06	0.04	1.12	0.050	0.007	63.9
		Fotovoltaik	MJ	1.58	0.29	0.06	1.24	-	0.026	0.022	50.7
		Fotovoltaik Schrägdach	MJ	1.54	0.26	0.05	1.23	-	0.024	0.019	46.4
		Fotovoltaik Flachdach	MJ	1.54	0.26	0.05	1.23	-	0.024	0.019	41.9
		Fotovoltaik Fassade	MJ	1.72	0.39	0.08	1.26	-	0.035	0.029	63.0
		Windkraft	MJ	1.29	0.08	0.01	1.20	-	0.007	0.006	20.6
		Wasserkraft	MJ	1.20	0.02	0.01	1.17	-	0.003	0.002	12.3
		Pumpspeicherung	MJ	4.06	0.62	2.86	0.58	-	0.052	0.047	137.5
		Heizkraftwerk Geothermie	MJ	3.36	0.16	0.03	3.17	-	0.009	0.008	28.8
		CH-Produktionsmix	MJ	2.48	0.08	1.72	0.68	-	0.008	0.006	62.0
		Mix zertifizierte Stromprodukte CH	MJ	1.21	0.03	0.01	1.18	-	0.004	0.003	13.0
		CH-Verbrauchermix	MJ	3.14	0.47	2.21	0.45	0.02	0.038	0.035	105.9
		ENTSO-E-Mix	MJ	3.18	1.80	1.08	0.30	-	0.145	0.135	151.5

Bezugsgrösse: Brenn- und Treibstoffe: oberer Heizwert; Fernwärme und Elektrizität: in Gebäude gelieferte Energie
Datenquelle: ecoinvent Datenbestand v2.2+, LC-Inventories und eigene Berechnungen
© treeze Ltd. 2012-2014

Tab. 2.2 Primärenergiefaktoren und Umweltauswirkungen von Energiesystemen AEW: 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; rot: neue Datensätze

	Kategorie	Technologie	Bezugsgrösse	Primärenergiefaktor total [MJ-eq]	Primärenergiefaktor fossil [MJ-eq]	Primärenergiefaktor nuklear [MJ-eq]	Primärenergiefaktor total erneuerbar [MJ-eq]	Primärenergiefaktor Abwärme / Abfall [MJ-eq]	CO_2-Äquivalente [kg CO_2-eq]	Kohlendioxid, fossil [kg]	Umweltbelastungspunkte [UBP13]
Brennstoffe	**fossil**	Wärme Heizöl EL	MJ	1.30	1.27	0.03	0.01	-	0.089	0.086	66.0
		Wärme Erdgas	MJ	1.17	1.15	0.01	0.01	-	0.069	0.063	41.9
		Wärme Propan/Butan	MJ	1.27	1.23	0.03	0.01	-	0.085	0.080	57.2
		Wärme Kohle Koks	MJ	2.04	1.99	0.04	0.02	-	0.180	0.151	196.3
		Wärme Kohle Brikett	MJ	1.53	1.49	0.02	0.01	-	0.163	0.128	186.9
	Biomasse	Wärme Stückholz	MJ	1.69	0.05	0.04	1.60	-	0.006	0.003	30.5
		Wärme Stückholz mit Partikelfilter	MJ	1.70	0.05	0.04	1.60	-	0.006	0.004	28.4
		Wärme Holzschnitzel	MJ	1.56	0.05	0.05	1.46	-	0.005	0.004	28.5
		Wärme Holzschnitzel mit Partikelfilter	MJ	1.56	0.05	0.05	1.46	-	0.005	0.004	25.8
		Wärme Pellets	MJ	1.56	0.16	0.11	1.30	-	0.013	0.012	30.3
		Wärme Pellets mit Partikelfilter	MJ	1.56	0.16	0.11	1.30	-	0.013	0.012	28.8
		Wärme Biogas	MJ	0.37	0.20	0.13	0.03	1.11	0.040	0.013	34.2
Treibstoffe	**fossil**	Transport Diesel Lkw	tkm	4.62	4.27	0.28	0.07	-	0.280	0.266	433.0
		Aushub mit Baumaschine	m3	7.94	7.74	0.15	0.05	-	0.532	0.513	741.2
		Transport Diesel Pkw	pkm	3.04	2.59	0.37	0.09	-	0.177	0.168	194.2
		Transport Benzin Pkw	pkm	3.39	2.92	0.38	0.09	-	0.201	0.188	218.5
		Transport Erdgas Pkw	pkm	3.31	2.75	0.45	0.11	-	0.162	0.150	173.5
		Transport Scooter	pkm	1.56	1.50	0.04	0.02	-	0.123	0.099	269.5
		Transport Flugzeug	pkm	3.36	3.07	0.22	0.07	-	0.214	0.207	219.5
	Biomasse	Transport Biogas Pkw	pkm	1.76	0.91	0.69	0.16	3.39	0.102	0.053	157.0
Wärme	**am Gebäudestandort**	Klein-Blockheizkraftwerk, Erdgas	MJ	0.50	0.50	0.00	0.00	0.58	0.031	0.027	19.6
		Flachkollektor Warmwasser EFH	MJ	1.62	0.15	0.14	1.33	-	0.012	0.010	29.7
		Flachkollektor WW und RH EFH	MJ	1.85	0.14	0.10	1.61	-	0.011	0.010	26.3
		Flachkollektor Warmwasser MFH	MJ	1.24	0.06	0.04	1.15	-	0.005	0.004	11.9
		Röhrenkollektor WW und RH EFH	MJ	1.74	0.12	0.08	1.54	-	0.009	0.008	21.7
		EWP Luft/Wasser (JAZ 2.8)	MJ	1.77	0.18	0.79	0.80	-	0.021	0.013	44.7
		EWP Erdsonde (JAZ 3.9)	MJ	1.57	0.14	0.57	0.86	-	0.015	0.010	32.9
		EWP Grundwasser (JAZ 3.4)	MJ	1.65	0.16	0.65	0.84	-	0.017	0.011	36.8
Elektrizität	**am Gebäudestandort**	Klein-Blockheizkraftwerk, Erdgas	MJ	3.40	3.38	0.01	0.01	-	0.208	0.184	124.0
		Fotovoltaik	MJ	1.42	0.25	0.05	1.12	-	0.022	0.019	37.9
		Fotovoltaik Schrägdach	MJ	1.38	0.22	0.04	1.11	-	0.020	0.016	34.0
		Fotovoltaik Flachdach	MJ	1.38	0.22	0.04	1.11	-	0.020	0.017	29.9
		Fotovoltaik Fassade	MJ	1.54	0.34	0.07	1.13	-	0.030	0.025	48.8
		Windkraft	MJ	1.16	0.06	0.01	1.09	-	0.005	0.004	10.6
		Biogas	MJ	0.83	0.46	0.30	0.07	1.00	0.101	0.029	86.9
		Biogas, Landwirtschaft	MJ	0.16	0.07	0.06	0.03	1.00	0.043	0.005	49.9

Bezugsgrösse: Brennstoffe: Nutzenergie; Treibstoffe: Transportdienstleistung beziehungsweise Aushubvolumen

Datenquelle: ecoinvent Datenbestand v2.2+, LC-Inventories und eigene Berechnungen

© treeze Ltd. 2012-2014

Tab. 2.3 Primärenergiefaktoren und Umweltauswirkungen von Kollektor-, Fotovoltaik und Heizungsanlagen; für Kollektoren und Fotovoltaikanlagen: nur Aufwendungen für die Herstellung und Montage, ohne Aufwendungen für den Betrieb und die Entsorgung; rot: neue Datensätze

Anlagentyp		Bezugsgrösse	Primärenergiefaktor total [MJ-eq]	Primärenergiefaktor fossil [MJ-eq]	Primärenergiefaktor nuklear [MJ-eq]	Primärenergiefaktor total erneuerbar [MJ-eq]	Primärenergiefaktor Abwärme / Abfall [MJ-eq]	CO2-Äquivalente [kg CO2-eq]	Kohlendioxid, fossil [kg]	Umweltbelastungspunkte [UBP'13]
Kollektoranlage am Gebäudestandort	Cu-Kollektoranlage, EFH, für Warmwasser	m2	4'955	3'612	743	600	0.00	283	250	701'448
	Vakuumröhrenkollektor, EFH, für RH und WW	m2	3'778	2'876	517	386	0.00	215	196	471'153
	Cu-Kollektoranlage, EFH, für RH und WW	m2	3'654	2'653	548	453	0.00	209	184	476'326
	Cu-Kollektoranlage, MFH, auf Schrägdach, für Warmwasser	m2	3'086	2'255	466	364	0.00	178	156	416'335
Photovoltaikanlage in kWp am Gebäudestandort	Photovoltaik	kWp	30'454	22'031	4'348	4'075	-	1'962	1'640	3'228'297
	Photovoltaik Schrägdach	kWp	30'205	21'792	4'369	4'044	-	1'940	1'621	3'271'748
	Photovoltaik Flachdach	kWp	31'686	23'286	4'210	4'190	-	2'073	1'731	2'975'461
	Photovoltaik Fassade	kWp	30'998	22'444	4'350	4'204	-	2'003	1'685	3'191'178
Heizungsanlagen	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m2	m2	9	7	1	1	-	0	0	1'181
	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m2	m2	27	20	4	2	-	1	1	3'542
	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 50 W/m2	m2	44	33	7	4	-	2	2	5'904
	Erdsonden, für Sole-Wasser-Wärmepumpe	m	469	428	32	9	-	25	23	29'798
	Sole-Wasser Wärmepumpe 8 kW	Stk	21'657	15'061	4'772	1'824	-	1'489	1'004	3'868'722
	Sole-Wasser Wärmepumpe 8 kW	kg	116	80	25	10	-	8	5	20'645
	Luft-Wasser Wärmepumpe 8 kW	Stk	26'240	18'238	5'442	2'560	-	1'948	1'214	5'004'428
	Luft-Wasser Wärmepumpe 8 kW	kg	108	75	22	10	-	8	5	20'522
	Verteilung Wohngebäude	m2	49	36	8	5	-	3	2	4'830
	Verteilung Bürogebäude	m2	116	93	15	8	-	7	6	13'927
	Abgabe über Heizkörper	m2	87	68	13	6	-	5	5	10'042
	Abgabe über Fussbodenheizung	m2	90	72	12	7	-	4	3	3'505
	Abgabe über Heizkühldecke (ohne Gips- oder Metalldecke)	m2	126	82	23	21	-	7	6	40'734
	Wärmeverteilung, Luftheizung	m2	30	26	3	1	-	2	1	2'904
	Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m2	m2	0	0	0	0	-	0	0	10
	Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m2	m2	0	0	0	0	-	0	0	31
	Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 50 W/m2	m2	0	0	0	0	-	0	0	52
	Entsorgung, Erdsonden, für Sole-Wasser-Wärmepumpe	m	6	1	4	1	-	3	3	4'115
	Entsorgung, Sole-Wasser Wärmepumpe 8 kW	Stk	176	121	41	14	-	706	59	366'958
	Entsorgung, Sole-Wasser Wärmepumpe 8 kW	kg	1	1	0	0	-	4	0	1'958
	Entsorgung, Luft-Wasser Wärmepumpe 8 kW	Stk	235	162	54	18	-	1'054	77	545'768
	Entsorgung, Luft-Wasser Wärmepumpe 8 kW	kg	1	1	0	0	-	4	0	2'242
	Entsorgung, Verteilung Wohngebäude	m2	36	25	6	6	-	2	2	2'632
	Entsorgung, Verteilung Bürogebäude	m2	77	52	13	12	-	5	4	5'487
	Entsorgung, Abgabe über Heizkörper	m2	8	5	1	1	-	0	0	538
	Entsorgung, Abgabe über Fussbodenheizung	m2	0	0	0	0	-	2	2	997
	Entsorgung, Abgabe über Heizkühldecke (ohne Gips- oder Metalldecke)	m2	12	8	2	2	-	1	1	879
	Entsorgung, Wärmeverteilung, Luftheizung	m2	0	0	0	0	-	0	0	34

Datenquelle: ecoinvent Datenbestand v2.2+, LC-Inventories und eigene Berechnungen
© treeze 2012-2014

Tab. 2.4 Primärenergiefaktoren und Umweltauswirkungen von Lüftungs-, Sanitär und Elektroanlagen; rot: neue Datensätze

Anlagentyp		Bezugsgrösse	Primärenergiefaktor total [MJ-eq]	Primärenergiefaktor fossil [MJ-eq]	Primärenergiefaktor nuklear [MJ-eq]	Primärenergiefaktor total erneuerbar [MJ-eq]	Primärenergiefaktor Abwärme / Abfall [MJ-eq]	CO2-Äquivalente [kg CO2-eq]	Kohlendioxid, fossil [kg]	Umweltbelastungspunkte [UBP'13]
Lüftungsanlagen	Einzelraumlüfer Fenstermodell 10-30 m3/h, ohne Montage	Stk	1'263	692	96	475	-	38	33	64'050
	Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft	m2	210	166	28	16	-	12	11	45'266
	Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft	m2	130	103	17	10	-	7	6	21'905
	Abluftanlage Küche und Bad	m2	58	47	7	4	-	3	3	13'293
	Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen	m2	55	48	6	2	-	3	3	3'209
	Erdregister kurz zu Lüftungsanlage Büro (0.27 m/m2 EBF)	m2	96	83	10	3	-	5	5	5'563
	Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m/m2 EBF)	m2	239	206	25	8	-	13	11	13'907
	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 1 m3/(h m2)	m2	221	170	33	19	-	13	12	32'214
	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 2 m3/(h m2)	m2	299	230	44	25	-	18	16	43'466
	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 4 m3/(h m2)	m2	454	349	67	38	-	27	24	65'970
	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 6 m3/(h m2)	m2	609	469	90	51	-	36	32	88'475
	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 8 m3/(h m2)	m2	764	588	112	64	-	45	40	110'979
	Entsorgung, Einzelraumlüfer Fenstermodell 10-30 m3/h, ohne Montage	Stk	5	4	1	0	-	5	5	3'261
	Entsorgung, Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft	m2	0	0	0	0	-	0	0	181
	Entsorgung, Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft	m2	0	0	0	0	-	1	1	371
	Entsorgung, Abluftanlage Küche und Bad	m2	0	0	0	0	-	0	0	66
	Entsorgung, Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen	m2	5	4	1	0	-	2	2	1'320
	Entsorgung, Erdregister kurz zu Lüftungsanlage Büro (0.27 m/m2 EBF)	m2	8	7	1	0	-	3	3	2'288
	Entsorgung, Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m/m2 EBF)	m2	21	16	3	1	-	7	7	5'721
	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 1 m3/(h m2)	m2	1	1	0	0	-	0	0	221
	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 2 m3/(h m2)	m2	1	1	0	0	-	0	0	309
	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 4 m3/(h m2)	m2	2	1	0	0	-	1	1	486
	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 6 m3/(h m2)	m3	2	2	0	0	-	1	1	662
	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 8 m3/(h m2)	m2	3	2	0	0	-	1	1	838
Sanitäranlagen	Büro, einfache Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	m2	74	62	8	4	-	3	3	6'391
	Büro, einfache Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	m2	1	0	0	0	-	1	1	587
	Büro, aufwändige Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	m2	178	145	21	12	-	8	7	16'657
	Büro, aufwändige Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	m2	2	2	0	0	-	4	4	1'949
	Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	m2	188	150	24	14	-	10	9	23'299
	Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	m2	1	1	0	0	-	2	2	832
Elektroanlagen	Büro, Erstellung	m2	692	339	75	278	-	23	21	117'285
	Büro, Rückbau	m2	3	3	0	0	-	1	1	896
	Wohnen, Erstellung	m2	215	165	32	18	-	9	8	45'476
	Wohnen, Rückbau	m2	3	2	1	0	-	3	3	1'819

Datenquelle: ecoinvent Datenbestand v2.2+, LC-Inventories und eigene Berechnungen

© treeze 2012-2014

3 Aktualisierungen in der Energiebereitstellung

Datenbasis für die Auswertungen bildet der ecoinvent Datenbestand v2.2+. Dieser setzt sich aus dem ecoinvent Datenbestand v2.2 (ecoinvent Centre 2010) und Anpassungen nach LC-inventories (2014) zusammen.

Die Anpassungen nach LC-inventories (2014) beinhalten Aktualisierungen der Daten der Energiebereitstellung. Tab. 3.1 zeigt eine Übersicht der aktualisierten Sachbilanzdaten mit einer kurzen Beschreibung des Umfangs der Aktualisierung. Für weitergehende Informationen verweisen wir auf die entsprechenden Berichte.

Die Sachbilanzdaten der Aktualisierungen der Erdgasversorgungskette (Schori et al. 2012), der Fotovoltaik (Jungbluth et al. 2012), der Wasserkraft (Flury & Frischknecht 2012) und der Stromproduktion, -übertragung und –verteilung (Itten et al. 2014) sind über die Website www.lc-inventories.ch frei verfügbar.

Tab. 3.1 Übersicht über die im Vergleich zum ecoinvent Datenbestand v2.2 aktualisierten Sachbilanzdaten

Aktualisierte Hintergrunddaten	Umfang der Aktualisierung	Quelle
Erdgas	Versorgungsmix Flüssiggas Versorgungskette ab Produktion Russland Regionales Verteilnetz GuD-Kombikraftwerk WKK Anlagen	Bauer et al. 2012; Schori et al. 2012
Fotovoltaik	Polysiliziumherstellung Sägespalt und Waferdicke Cadmium-Tellurid Technologie Moduleffizienz Entsorgung	Jungbluth et al. 2012
Kernkraft	Uranförderung und –aufbereitung Brennstoffkette Betrieb der Kernkraftwerke Geologische Tiefenlagerung	Bauer et al. 2012
Wasserkraft	Laufwasserkraft Speicherwasserkraft Kleinwasserkraft Pumpspeicherung	Flury & Frischknecht 2012
Stromproduktion, -übertragung und -verteilung	Stromproduktion (Europa und übrige Welt) Europäischer Strommix (Verbund ENTSO) Stromverluste und -verteilung Stromnetzinfrastruktur	Itten et al. 2014
Korrekturen von Fehlern	Diverse	LC-inventories 2014
KVA	insbesondere Dioxinemissionen	Doka 2014

In einzelnen Fällen müssen einige Elemente abgeändert werden, da teilweise andere Systemgrenzen gelten. Beispielsweise dient im gesamten ecoinvent Datenbestand v2.2+ der untere Heizwert als Bezugsgrösse. In diesem Bericht werden die Primärenergiefaktoren "Eingang Gebäude / Tank" auf den oberen Heizwert bezogen und die Aufwendungen zur

Herstellung der im Haus liegenden Infrastruktur wie z.B. des Heizkessels, werden nicht einberechnet (da zum Gebäude zählend und deshalb bei dessen Erstellung bilanziert). Diese Anpassungen sind in den Kapiteln 4 und 5 beschrieben.

Die Auswertung erfolgt mit der Software SimaPro 7.3.3 (PRé Consultants 2012).

4 Sachbilanzen: Eingang Gebäude oder Tank gelieferte Energie

4.1 Brennstoffe fossil

Tab. 4.1 Übersicht der fossilen Brennstoffe und der entsprechenden Sachbilanzdatensätze; CH: Schweiz; RER: Europa

Brennstoff	Name des ecoinvent Datensatzes	Lokalität
Heizöl EL	light fuel oil, burned in boiler 10kW, non-modulating	CH
Erdgas	natural gas, burned in boiler, condensing, modulating <100kW	RER
Propan/Butan	für dieses Projekt erstellter Datensatz, siehe Abschnitt 4.1.2	CH
Kohle Koks	hard coal coke, burned in stove 5-15kW	RER
Kohle Brikett	hard coal briquette, burned in stove 5-15kW	RER

4.1.1 Fossile Brennstoffe : Heizöl EL, Erdgas, Koks und Kohle Brikett

Gemäss der in Kapitel 1.2 beschriebenen Methodik sind die Brennvorrichtungen wie Ofen oder Heizkessel nicht Teil der Bilanz. So wird im Vergleich zum ecoinvent Datenbestand v2.2+ bei den Datensätzen jeweils der Bezug der Heizungsinfrastruktur auf null gesetzt. Ebenso dient statt des unteren hier der obere Heizwert als Bezugsgrösse. Da die ecoinvent Daten bezogen auf den unteren Heizwert vorliegen, werden die Ergebnisse mit dem Verhältnis von oberem zu unterem Heizwert dividiert (siehe Tab. 4.2).

Tab. 4.2 Faktoren zur Umrechnung vom unteren auf den oberen Heizwert

Energieträger	Unterer Heizwert	Oberer Heizwert	Faktor
Steinkohle (Koks)	31.4 MJ/kg	32.4 MJ/kg	1.03
Steinkohle (Brikett)	31.4 MJ/kg	32.4 MJ/kg	1.03
Erdgas	45.4 MJ/kg	50.4 MJ/kg	1.11
Heizöl (extraleicht)	42.6 MJ/kg	45.2 MJ/kg	1.07
Propan/Butan	46.1 MJ/kg	49.9 MJ/kg	1.083

Da in der ecoinvent Datenbank regionalspezifische Unterschiede des Heizwertes in den Steinkohledatensätzen abgebildet sind, die Bewertungsmethode Kumulierter Energieaufwand jedoch dies nicht berücksichtigt, wird eine Korrektur der fossilen CED-Werte für „Steinkohle (Koks)“ und „Steinkohle (Brikett)“ vorgenommen. Die originalen CED-Werte sind gemäss

dem Autor der Datensätze[1] mit den Faktoren 1.169 für Koks und 1.226 für das Kohlebrikett zu multiplizieren.

4.1.2 Propan / Butan

Die Wärmeerzeugung mittels Propan/Butanfeuerung wird auf Basis der Erdgasfeuerung „natural gas, burned in boiler atm. low-NOx cond. non-modul. <100kW“ modelliert. Der Brennstoff-Input wird mit dem ecoinvent Datensatz “propane/butane, at refinery, CH” abgebildet, die CO_2-Emissionen werden anhand der Stöchiometrie bestimmt (siehe Tab. 4.3).

Tab. 4.3 Berechnung der CO_2 Emissionen bei der Verbrennung von Butan / Propan

Name	oberer Heizwert	unterer Heiz-wert	C-Gehalt:	CO_2-Emission:	Annahme Mischung Flüssiggas Schweiz
Propan (C_3H_8)	50.4 MJ/kg	46.45 MJ/kg	81.80%	64.59 g/MJ	50%
Butan (C_4H_{10})	49.57 MJ/kg	45.83 MJ/kg	82.80%	66.21 g/MJ	50%
Mischung CH	49.98 MJ/kg	46.14 MJ/kg	82.3 %	65.40 g/MJ	-

4.2 Brennstoffe Biomasse

Tab. 4.4 Übersicht der Brennstoffe auf Basis von Biomasse; CH: Schweiz

Brennstoff	Name des ecoinvent Datensatzes	Lokalität
Stückholz	für dieses Projekt erstellter Datensatz basierend auf : „logs, mixed, burned in furnace 30 kW“, siehe Abschnitt 4.2.3	CH
Stückholz mit Parti-kelfilter	für dieses Projekt erstellter Datensatz basierend auf : „logs, mixed, burned in furnace 30 kW“ , siehe Abschnitt 4.2.3	CH
Holzschnitzel	für dieses Projekt erstellter Datensatz basierend auf : „wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50 kW“ , siehe Abschnitt 4.2.3	CH
Holzschnitzel mit Partikelfilter	für dieses Projekt erstellter Datensatz basierend auf : „wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50 kW“ , siehe Abschnitt 4.2.3	CH
Pellets	für dieses Projekt erstellter Datensatz basierend auf : „pellets, mixed, burned in furnace 50 kW“ , siehe Abschnitt 4.2.3	CH
Pellets mit Partikel-filter	für dieses Projekt erstellter Datensatz basierend auf : „pellets, mixed, burned in furnace 50 kW“ , siehe Abschnitt 4.2.3	CH
Biogas	für dieses Projekt erstellter Datensatz basierend auf „natural gas, burned in boiler condensing modulating. <100 kW“, siehe Abschnitt 4.2.4	CH

[1] Email von Christian Bauer, PSI, vom 25. Februar 2008.

Gemäss der in Unterkapitel 1.2 beschriebenen Methodik ist die Herstellung der Heizkessel kommerzieller Energieträger nicht Teil der hier bilanzierten Systeme. So wird im Vergleich zum ecoinvent Datenbestand v2.2+ bei den Datensätzen jeweils der Bezug der Heizungsinfrastruktur auf null gesetzt. Ebenso dient statt des unteren der obere Heizwert als Bezugsgrösse. Da die ecoinvent Daten bezogen auf den unteren Heizwert vorliegen, werden die Ergebnisse mit dem Verhältnis von oberem zu unterem Heizwert dividiert (siehe Tab. 4.5).

Tab. 4.5 Faktoren zur Umrechnung vom unteren auf den oberen Heizwert

Energieträger	Unterer Heizwert	Oberer Heizwert	Faktor
Stückholz	15.53 MJ/kg	16.77 MJ/kg	1.08
Holzschnitzel	16.92 MJ/kg	18.27 MJ/kg	1.08
Pellets	17.04 MJ/kg	18.40 MJ/kg	1.08
Biogas	45.4 MJ/kg	50.4 MJ/kg	1.11

4.2.1 Grüngutvergärung

Die ecoinvent Daten zur Grüngutvergärung (Jungbluth et al. 2007) sind mit neuen Daten zu den Emissionen von Luftschadstoffen aktualisiert. Tab. 4.6 stellt die angewendeten Emissionsfaktoren aus Cuhls et al. (2008) dar.

Tab. 4.6 Emissionsfaktoren der Grüngutvergärung[2] gemäss Cuhls et al. (2008). Allokationsfaktoren gemäss Jungbluth et al. (2007)

Emission	g/kg FM	Allokation Biogas	Allokation Grüngutentsorgung	Allokation Gärgutausbringung
Biogenes Methan	3.70	31 %	69 %	-
Lachgas	0.12	31 %	69 %	-
NMVOC	1.35*	31 %	69 %	-
Ammoniak	0.20	22 %	64 %	14 %

*Die NMVOC-Emissionen von 0.9 gC/kg FM werden auf 1.35 g NMVOC / kg FM umgerechnet unter der Annahme, dass Kohlenstoff 2/3 der NMVOC-Molmasse ausmacht.

4.2.2 Biogasmix und -aufbereitung

Für die Biogasaufbereitung zu Biomethan stehen Sachbilanzdaten von Stucki et al. (2011) zu den Technologien Druckwechseladsorption (PSA), Aminwäsche und Glykolwäsche zur Verfügung. Basierend auf der Jahresproduktion der Aufbereitungsanlagen, welche im Jahr 2012 Biomethan ins Erdgasnetz einspeisen ergibt sich ein Technologiemix mit 47.9 % Druckwechseladsorption, 43.3 % Aminwäsche und 8.9 % Glykolwäsche (vgl. Tab. 4.7 und

[2] Kompostierungsanlagen mit Trockenvergärung und Nachrotte

Tab. 4.8). Für die Anteile der Biogassubstrate werden die in Tab. 4.7 gezeigten Daten verwendet. 46.2 % des aufbereiteten Biogases wird demnach aus Grüngut gewonnen, 33.6 % aus Klärschlamm und 20.2 % aus landwirtschaftlichen Biogasanlagen (siehe auch Tab. 4.9).

Tab. 4.7 Übersicht über die Schweizer Biogasanlagen, welche im Jahr 2012 ins Erdgasnetz einspeisen[3]

Ort / Name	Art / Substrat	Jahresproduktion 2011 (kWh)	System Aufbereitungsverfahren
Otelfingen, Kompogas	Grüngut, Speiseresten, Industrieabfälle	700'000	PSA
Pratteln, Bio Power	Bioabfall kommunal und gewerblich	6'694'409	Genosorb
Emmen, GALU	Klärschlamm	5'000'000	PSA
Romanshorn	Klärschlamm und Co-Substrate	1'100'000	Genosorb
Bern	Klärschlamm und Co-Substrate	17'000'000	PSA
Widnau, Rhy Biogas	Gülle und Co-Substrate	7'734'425	PSA
Inwil, Swiss Farmer Power	Hofdünger, Grüngut, Co-Substrate	13'360'200	Aminwäsche
Meilen	Klärschlamm und Co-Substrate	600'000	Aminwäsche
Lavigny, Germanier	Grüngut und Co-Substrate	6'000'000	PSA
Utzenstorf, Kompogas*	Biogene Abfälle und Rückstände	2'318'190	keine CO_2-Abtrennung (eingeschränkte Einspeisung)
Roche, STEP	Klärschlamm	5'550'000	PSA
Volketswil, Kompogas	Grüngut und Co-Substrate	9'000'000	Aminwäsche
Münchwilen, BioRender	Abfälle aus tierischen Nebenprodukten	15'000'000	Aminwäsche
* nicht berücksichtigt, da keine Aufbereitung stattfindet			

Da für die Wärmeerzeugung mit Biogas kein Datensatz vorliegt, wird aufgrund des Emissionsprofils der Erdgasfeuerung ein Datensatz mit dem Biogas-Input „Methane, 96 vol-%, from biogas, low pressure, at consumer“ erstellt. Dieser repräsentiert den Bezug von Biogas aus dem Erdgasnetz, welches aus den vorgenannten Substraten gewonnen wird. Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Methan aus der Verbrennung werden als biogene Emissionen verbucht. Da Biogas aus biogenen Abfällen gewonnen wird, wird der Energieinput unter der pro-memoria-Grösse "Abwärme / Abfall" verbucht.

[3] Persönliche Information von Alex Rudischhauser, Projektleiter erneuerbare Energien bei der Erdgas Zürich AG (20.06.2012)

Tab. 4.8 Sachbilanz der Anteile verschiedener Biogas-Aufbereitungstechnologien in der Schweiz

	Name	Location	InfrastructureProcess	Unit	methane, 96 vol-%, from biogas, at purification	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH			
	InfrastructureProcess				0			
	Unit				Nm3			
product	methane, 96 vol-%, from biogas, at purification	CH	0	Nm3	1			
technosphere	biogas purification, to methane, 99 vol-%, amino washing process	CH	0	Nm3	43%	1	3.01	(3,1,1,1,1,1); 4 plants operating in 2012
	biogas purification, to methane, 97 vol-%, glycol washing process	CH	0	Nm3	9%	1	1.16	(3,1,1,1,1,1); 2 plants operating in 2012
	biogas purification, to methane, 96 vol-%, pressure swing adsorption	CH	0	Nm3	48%	1	3.09	(3,1,1,1,1,1); 6 plants operating in 2012
	biogas, production mix, at storage	CH	0	Nm3	1.52E+0	1	1.09	(2,5,2,1,3,5); raw biogas input

Tab. 4.9 Sachbilanz der Anteile verschiedener Biogastypen in der Schweiz

	Name	Location	InfrastructurePr	Unit	biogas, production mix, at storage	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH			
	InfrastructureProcess				0			
	Unit				Nm3			
product	biogas, production mix, at storage	CH	0	Nm3	1			
shares	biogas, from biowaste, at storage	CH	0	Nm3	47%	1	1.24	(3,1,1,1,1,5,BU:1.05); 6 operators in Switzerland in 2012
	biogas, from sewage sludge, at storage	CH	0	Nm3	33%	1	1.24	(3,1,1,1,1,5,BU:1.05); 5 operators in Switzerland in 2012
	biogas, mix, at agricultural co-fermentation, covered	CH	0	Nm3	20%	1	1.24	(3,1,1,1,1,5,BU:1.05); 2 operators in Switzerland in 2012

4.2.3 Holzfeuerungen

Die bisherigen Datensätze zur Wärmebereitstellung mittels Stückholz, Holzpellets und Holzschnitzel wurden aktualisiert. Bei der Aktualisierung wurden die biogenen Kohlenmonoxid- und Methanemissionen, die Stickoxidemissionen, die NMVOC Emissionen sowie die Partikelemissionen der Holzfeuerungen angepasst basierend auf den in Frischknecht et al. (2010) ausgewerteten Messresultaten. Zusätzlich wurden Sachbilanzdaten zur Wärmebereitstellung mittels Stückholz-, Holzpellets- und Holzschnitzel-Heizungen erstellt, die mit einem Partikelfilter ausgerüstet sind.

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[4] und die Sachbilanzen der Holzfeuerungen entsprechend ergänzt beziehungsweise angepasst. Der Stromverbrauch des Partikelfilters beträgt somit (gerundet) ca. 0.1 % der bereitgestellten Nutzwärme.

[4] Persönliche Mitteilung, Daniel Jud, Oekosolve AG, 15.08.2013

Die Sachbilanzdaten zur Wärmebereitstellung mittels Stückholz, Holzpellets und Holzschnitzel mit und ohne Partikelfilter (PF) am Eingang Gebäude oder Tank sind in Tab. 4.10 (bezogen auf den unteren Heizwert) und Tab. 4.11 (bezogen auf den oberen Heizwert, ohne Boilerinfrastruktur) gezeigt.

Tab. 4.10 Sachbilanzdaten zur Verbrennung von Stückholz, Holzpellets und Holzschnitzel in Feuerungen mit und ohne Partikelfilter; am Eingang Gebäude oder Tank, bezogen auf den unteren Heizwert

	Name	Location	InfrastructureProcess	Unit	logs, mixed, burned in furnace 30kW , adjusted PM, without PF	logs, mixed, burned in furnace 30kW , adjusted PM, with PF	pellets, mixed, burned in furnace 50kW , adjusted PM, without PF	pellets, mixed, burned in furnace 50kW , adjusted PM, with PF	wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW , adjusted PM, without PF	wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW , adjusted PM, with PF	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH	CH	CH	CH	CH	CH			
	InfrastructureProcess				0	0	0	0	0	0			
	Unit				MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ			
	logs, mixed, burned in furnace 30kW , adjusted PM, without PF	CH	0	MJ	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	logs, mixed, burned in furnace 30kW , adjusted PM, with PF	CH	0	MJ	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	pellets, mixed, burned in furnace 50kW , adjusted PM, without PF	CH	0	MJ	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00			
	pellets, mixed, burned in furnace 50kW , adjusted PM, with PF	CH	0	MJ	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00			
	wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW , adjusted PM, without PF	CH	0	MJ	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00			
	wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW , adjusted PM, with PF	CH	0	MJ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00			
technosphere	furnace, wood chips, hardwood, 50kW	CH	1	unit	0	0	0	0	1.06E-7	1.06E-7	1	3.00	(1,1,2,1,1,1,BU:3);
	furnace, pellets, 50kW	CH	1	unit	0	0	1.50E-7	1.50E-7	0	0	1	3.00	(1,1,2,1,1,1,BU:3);
	furnace, logs, mixed, 30kW	CH	1	unit	2.89E-7	2.89E-7	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,BU:1.05);
	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,BU:1.05);
	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,BU:1.05);
	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,BU:1.05);
	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,BU:1.05);
	transport, tractor and trailer	CH	0	tkm	6.44E-4	6.44E-4	0	0	0	0	1	2.09	(4,5,na,na,na,na,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,na,na,na,na,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,BU:1.05);
	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,BU:1.05);
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,BU:1.5);
	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,BU:1.2);
	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,BU:1.05);
	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); Prüfberichte
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.05);
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.5); Prüfberichte, scaled from ecoinvent
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.5); Prüfberichte
	NMVOC, 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,BU:1.5); Prüfberichte, scaled from ecoinvent
	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); Prüfberichte
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.05);
	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,BU:1.5);

Tab. 4.11 Sachbilanzdaten zur Verbrennung von Stückholz, Holzpellets und Holzschnitzel in Feuerungen mit und ohne Partikelfilter (PF); am Eingang Gebäude oder Tank, bezogen auf den oberen Heizwert, ohne Boilerinfrastruktur

	Name	Location	InfrastructureProcess	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, hardwood, burned in furnace 50kW (proj. 210), adjusted PM, without PF	wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW (proj. 210), adjusted PM, with PF	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH	CH	CH	CH	CH	CH			
	InfrastructureProcess				0	0	0	0	0	0			
	Unit				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,BU:1.05);
	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,BU:1.05);
	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,BU:1.05);
	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,BU:1.05);
	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,BU:1.05);
	transport, tractor and trailer	CH	0	tkm	6.44E-4	6.44E-4	0	0	0	0	1	2.09	(4,5,na,na,na,na,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,na,na,na,na,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,BU:1.05);
	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,BU:1.05);
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,BU:1.5);
	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,BU:1.2);
	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,BU:1.05);
	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); Prüfberichte
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.05);
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.5); Prüfberichte, scaled from ecoinvent
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.5); Prüfberichte
	NMVOC, 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,BU:1.5); Prüfberichte, scaled from ecoinvent
	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); Prüfberichte
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.5);
	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,BU:1.05);
	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,BU:1.5);
	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. 4.12 Sachbilanzdaten zur Wärmeerzeugung mit Stückholz, Holzpellets und Holzschnitzel in Feuerungen mit und ohne Partikelfilter; am Ausgang Energiewandler, bezogen auf den unteren Heizwert

	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	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH	CH	CH	CH	CH	CH			
	InfrastructureProcess				0	0	0	0	0	0			
	Unit				MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	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			
	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			
	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			
	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			
	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			
	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			
	heat, biogas, at boiler condensing modulating <100kW	RER	0	MJ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
technosphere	logs, mixed, burned in furnace 30kW, adjusted PM, without PF	CH	0	MJ	1.47E+0	0	0	0	0	0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU:1.05); logs, mixed, burned in furnace 30kW
	logs, mixed, burned in furnace 30kW, adjusted PM, with PF	CH	0	MJ	0	1.47E+0	0	0	0	0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU:1.05); logs, mixed, burned in furnace 30kW
	pellets, mixed, burned in furnace 50kW, adjusted PM, without PF	CH	0	MJ	0	0	1.18E+0	0	0	0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU:1.05); pellets, mixed, burned in furnace 50kW
	pellets, mixed, burned in furnace 50kW, adjusted PM, with PF	CH	0	MJ	0	0	0	1.18E+0	0	0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU:1.05); pellets, mixed, burned in furnace 50kW
	wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW, adjusted PM, without PF	CH	0	MJ	0	0	0	0	1.25E+0	0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU:1.05); wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW
	wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW, adjusted PM, with PF	CH	0	MJ	0	0	0	0	0	1.25E+0	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU:1.05); wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW

4.2.4 Biogasfeuerung

Die Sachbilanzdaten zur Wärmebereitstellung mittels Biogas wurden überarbeitet, sodass dieselbe Boilertechnologie wie im Falle der Wärmebereitstellung mittels Erdgas modelliert wird. Dabei wird Biogas ab Niederdrucknetz als Input eingesetzt, welches aus verschiedenen Substraten gewonnen und ins Erdgasnetz eingespeist wird (siehe Tab. 4.9), und die Kohlenmonoxid-, Kohlendioxid- und Methan-Emissionen als biogen (statt fossil) verbucht.

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. 4.13 gezeigt.

Tab. 4.13 Sachbilanzdaten zur Verbrennung von Biogas in einer Heizung; Bezugsgrösse 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				RER	RER			
	InfrastructureProcess				0	0			
	Unit				MJ	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. 4.14 Sachbilanzdaten zur Wärmeerzeugung mit Biogas in einer Heizung; Bezugsgrösse am Ausgang Energiewandler, bezogen auf den unteren Heizwert

	Name	Location	InfrastructureProcess	Unit	heat, biogas, at boiler condensing modulating <100kW	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				RER			
	InfrastructureProcess				0			
	Unit				MJ			
	heat, biogas, at boiler condensing modulating <100kW	RER	0	MJ	1.00			
	biogas, burned in boiler condensing modulating <100kW	RER	0	MJ	9.80E-1	1	1.06	(1,1,2,1,1,1,BU:1.05); natural gas, burned in boiler condensing modulating <100kW

4.3 Treibstoffe fossil & Biomasse

Tab. 4.15 Übersicht der Treibstoffe und der verwendeten ecoinvent Datensätze; CH: Schweiz; RER: Europa

Energieträger	Name des ecoinvent Datensatzes	Lokalität
Diesel in Lkw	Operation, lorry 3.5-20t, fleet average/CH U	CH
Diesel in Baumaschine	Excavation, hydraulic digger/RER U	RER
Diesel in Pkw	Operation, passenger car, diesel, fleet average/CH U	CH
Benzin in Pkw	Operation, passenger car, petrol, fleet average/CH U	CH
Erdgas in Pkw	Operation, passenger car, natural gas/CH U	CH
Biogas in Pkw	Operation, passenger car, methane, 96 vol-%, from biogas/CH U	CH
Strom in Pkw	Operation, passenger car, electric, LiMn2O4 (proj. 500)/km/CH U	CH
Benzin in Scooter	Operation, scooter/CH U	CH
Kerosin in Flugzeug	Operation, aircraft, passenger, Europe /CH U	CH

Die Nutzung von 1 MJ Treibstoff wird umgerechnet in Fahrzeugkilometer der entsprechenden Verkehrsmittel. Damit werden die Treibstoffherstellung und der Einsatz im Fahrzeug berücksichtigt. Die weiteren, mit dem Transport verbundenen Umweltauswirkungen, beispielsweise durch Fahrzeugherstellung, Strassenbau und -unterhalt, werden nicht berücksichtigt.

Für die Umrechnung von Fahrzeugkilometer (beispielsweise eines Lkw's) auf MJ Treibstoff wird in einem ersten Schritt der obere Heizwert des Brennstoffs erfasst, z.B. 45.4 MJ pro Kilogramm Diesel. In einem zweiten Schritt wird aus den bestehenden Daten errechnet, wie viel Treibstoff pro km Fahrt verbraucht wird (in diesem Beispiel braucht ein Lkw für einen Kilometer Fahrt 0.18 kg Diesel). Diese Menge wird mit dem oberen Heizwert von Diesel multipliziert: Ein Fahrzeugkilometer Lkw Transport verbraucht gemäss dem zugrunde gelegten ecoinvent Datensatz 8.18 MJ Treibstoff. Der Kehrwert entspricht der Bezugsmenge der entsprechenden Fahrzeugkilometer pro MJ Treibstoff.

Bei Biogas als Treibstoff wird pro MJ Energie in Treibstoff 1 MJ des pro memoria Primärenergiefaktors „Abwärme/Abfall" einberechnet, da das Biogas aus biogenen Abfällen erzeugt wird und dessen Energieinhalt ansonsten nirgends aufscheinen würde.

In den nachstehenden Tabellen werden die Umrechnungen für die in Tab. 4.15 aufgeführten Treibstoffe gezeigt.

Tab. 4.16 Sachbilanz und Umrechnungsfaktor von 1 MJ Diesel, genutzt in Lkw

	Name	Location	InfrastructureP	Unit	fuel in transport, lorry 3.5-20t, fleet average (proj. 210)	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH			
	InfrastructureProcess				0			
	Unit				MJ			
product	fuel in transport, lorry 3.5-20t, fleet average (proj. 210)	CH	0	MJ	1			
technosphere	operation, lorry 3.5-20t, fleet average	CH	0	vkm	1.22E-1	1	2.00	(1,1,1,1,1,1); calculation based on ecoinvent reports
							Energy	
	1vkm operation	0.18		kg Diesel			8.1815	MJ
	1kg Diesel	45.4		MJ / kg			45.4	MJ
	1 MJ of fuel in Transport	**0.122**		**tkm**				

Tab. 4.17 Sachbilanz und Umrechnungsfaktor von 1 MJ Diesel, genutzt in Baumaschine

	Name	Location	InfrastructureP	Unit	fuel in building machine, excavation hydraulic digger	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH			
	InfrastructureProcess				0			
	Unit				MJ			
product	fuel in building machine, excavation hydraulic digger	CH	0	MJ	1			
technosphere	excavation, hydraulic digger, without infrastructure	CH	0	m3	1.69E-1	1	2.00	(1,1,1,1,1,1); calculation based on ecoinvent reports
							Energy	
	1 m3	0.131		kg Diesel			5.9081	MJ
	1kg Diesel	45.1		MJ / kg			45.1	MJ
	1 MJ of fuel in building machine	**0.169**		**m3**				

Tab. 4.18 Sachbilanz und Umrechnungsfaktor von 1 MJ Diesel, genutzt in Pkw

	Name	Location	InfrastructureP	Unit	fuel in transport, passenger car, diesel, fleet average (proj. 210)	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH			
	InfrastructureProcess				0			
	Unit				MJ			
product	fuel in transport, passenger car, diesel, fleet average (proj. 210)	CH	0	MJ	1			
technosphere	operation, passenger car, diesel, fleet average	CH	0	vkm	3.60E-1	1	2.00	(1,1,1,1,1,1); calculation based on ecoinvent reports
							Energy	
	1vkm operation	0.061		kg Diesel			2.7811	MJ
	1kg Diesel	45.4		MJ / kg			45.4	MJ
	1 MJ of fuel in Transport	**0.36**		**pkm**				

Tab. 4.19 Sachbilanz und Umrechnungsfaktor von 1 MJ Benzin, genutzt in Pkw

	Name	Location	InfrastructureP	Unit	fuel in transport, passenger car, petrol, fleet average (proj. 210)	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH			
	InfrastructureProcess				0			
	Unit				MJ			
product	fuel in transport, passenger car, petrol, fleet average (proj. 210)	CH	0	MJ	1			
technosphere	operation, passenger car, petrol, fleet average	CH	0	vkm	3.27E-1	1	2.00	(1,1,1,1,1,1); calculation based on ecoinvent reports
							Energy	
	1vkm operation	0.068		kg Petrol			3.0608	MJ
	1kg Petrol	45.1		MJ / kg			45.1	MJ
	1 MJ of fuel in Transport	**0.327**		**pkm**				

Tab. 4.20 Sachbilanz und Umrechnungsfaktor von 1 MJ Erdgas, genutzt in Pkw

	Name	Location	InfrastructureP	Unit	fuel in transport, passenger car, natural gas (proj. 210)	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH			
	InfrastructureProcess				0			
	Unit				MJ			
product	fuel in transport, passenger car, natural gas (proj. 210)	CH	0	MJ	1			
technosphere	operation, passenger car, natural gas	CH	0	km	3.10E-1	1	2.00	(1,1,1,1,1,1); calculation based on ecoinvent reports
							Energy	
	1vkm operation	0.064		kg natural gas			3.2301	MJ
	1kg Natural gas	50.4		MJ / kg			50.4	MJ
	1 MJ of fuel in Transport	**0.31**		**pkm**				

Tab. 4.21 Sachbilanz und Umrechnungsfaktor von 1 MJ Biogas, genutzt in Pkw

	Name	Location	InfrastructureP	Unit	fuel in transport, passenger car, methane, 96 vol-%, from biogas (proj. 210)	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH			
	InfrastructureProcess				0			
	Unit				MJ			
product	fuel in transport, passenger car, methane, 96 vol-%, from biogas (proj. 210)	CH	0	MJ	1			
technosphere	operation, passenger car, methane, 96 vol-%, from biogas	CH	0	km	2.95E-1	1	2.00	(1,1,1,1,1,1); calculation based on ecoinvent reports
							Energy	
	1vkm operation	0.067		kg biogas			3.3929	MJ
	1kg biogas	50.4		MJ / kg			50.4	MJ
	1 MJ of fuel in Transport	**0.295**		**pkm**				

Tab. 4.22 Sachbilanz und Umrechnungsfaktor von 1 MJ Strom, genutzt in Pkw

	Name	Location	InfrastructurePr	Unit	fuel in transport, passenger car, electric (proj. 210)	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH			
	InfrastructureProcess				0			
	Unit				MJ			
product	fuel in transport, passenger car, electric (proj. 210)	CH	0	MJ	1			
technosphere	operation, passenger car, electric, LiMn2O4 (proj. 500)	CH	0	km	1.39E+0	1	2.00	(1,1,1,1,1,1); calculation based on ecoinvent reports

				Energy	
	1 vkm operation	0.2	kWh electricity	0.72	MJ
	1 kWh electricity	3.6	MJ / kWh	3.6	MJ
	1 MJ of fuel in Transport	**1.389**	**pkm**		

Tab. 4.23 Sachbilanz und Umrechnungsfaktor von 1 MJ Benzin, genutzt in Scooter

	Name	Location	InfrastructurePr	Unit	fuel in transport, scooter,petrol (proj. 210)	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH			
	InfrastructureProcess				0			
	Unit				MJ			
product	fuel in transport, scooter,petrol (proj. 210)	CH	0	MJ	1			
technosphere	operation, scooter	CH	0	km	8.80E-1	1	2.00	(1,1,1,1,1,1); calculation based on ecoinvent reports

				Energy	
	1vkm operation	0.025	kg Petrol	1.137	MJ
	1kg Petrol	45.1	MJ / kg	45.1	MJ
	1 MJ of fuel in Transport	**0.88**	**pkm**		

Tab. 4.24 Sachbilanz und Umrechnungsfaktor von 1 MJ Kerosin, genutzt in einem Europaflug

	Name	Location	InfrastructureP	Unit	fuel in transport, aircraft, passenger, Europe (proj. 210)	UncertaintyTyp e	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH			
	InfrastructureProcess				0			
	Unit				MJ			
product	fuel in transport, aircraft, passenger, Europe (proj. 210)	CH	0	MJ	1			
technosphere	transport, aircraft, passenger, Europe	RER	0	pkm	4.84E-1	1	2.00	(1,1,1,1,1,1); calculation based on ecoinvent reports

				Energy	
	1pkm	1.000	pkm operation	2.0657	MJ
	1pkm operation	0.0453	kg kerosene	2.0657	MJ
	1kg Kerosene	45.6	MJ / kg	45.6	MJ
	1 MJ of fuel in Transport	**0.4841**	**pkm**		

4.4 Wärme : Fernwärme

4.4.1 Übersicht der eingesetzten Energieträger

Alle Fernwärmedatensätze bestehen aus der Wärmeerzeugung einerseits und aus den Aufwendungen für den Wärmetransport und den Verlusten im Leitungsnetz anderseits. Mangels genauer Angaben wird der Transport im Fernwärmenetz mit einem Wärmeverlust von 20%[5] bilanziert. Die Aufwendungen für den Transport der Fern- und Nahwärme sind im Abschnitt 4.4.5 beschrieben. Als Referenzgrösse für den Infrastrukturbezug dient die an den Verbraucher gelieferte Energie.

Tab. 4.25 Übersicht der Datensätze "Wärme: Fern- und Nahwärme"; CH: Schweiz; RER: Europa

Energieträger	Name des ecoinvent Datensatzes zur Wärmeerzeugung	Lokalität
Heizzentrale Oel	Heat, light fuel oil, at industrial furnace 1MW	CH
Heizzentrale Gas	Heat, natural gas, at industrial furnace >100kW	RER
Heizkraftwerk Holz	Heat, at cogen 6400kWth, wood, emission control, allocation exergy	RER
Heizzentrale EWP Luft/Wasser	Heat, at air-water heat pump 10kW	CH
Heizzentrale EWP Erdsonde	Heat, borehole heat exchanger, at brine-water heat pump 10kW	CH
Heizzentrale EWP Abwasser	für dieses Projekt erstellter Datensatz, siehe Abschnitt 4.4.2	CH
Kehrichtverbrennung	Heat from waste, at municipal waste incineration plant	CH
Blockheizkraftwerk Diesel	Heat, at cogen 200kWe diesel SCR, allocation exergy	CH
Blockheizkraftwerk Gas	Heat, at cogen 500kWe lean burn, allocation exergy	CH
Blockheizkraftwerk Biogas	für dieses Projekt erstellter Datensatz, siehe Abschnitt 4.4.3	CH
Blockheizkraftwerk Biogas, Landwirtschaft	Heat, at cogen with biogas engine, agricultural covered, allocation exergy	CH

In einigen Anlagen werden die Energie von Abfällen oder Abwärme genutzt. Letztere stammt entweder aus der Abwärme von Abwasser oder aus der gekoppelt erfolgenden Stromerzeugung. Die folgende Tab. 4.26 gibt einen Überblick über die verwendeten Werte. Die Differenz zu 1 MJ an gelieferter Energie wird unter der pro memoria-Grösse „Primärenergiefaktor Abwärme / Abfall" verbucht. In der nachstehenden Tabelle ist der Verlust von 20 % für die Fernwärmeversorgung noch nicht berücksichtigt.

[5] Angabe von M. Lenzlinger, Januar 2008

Tab. 4.26 Bestimmung des Primärenergiefaktors "Abwärme/Abfall"; H_O: oberer Heizwert

Energieträger	Input Brennstoff	H_O Brennstoff	Input Brennstoffenergie	Differenz zu 1 MJ	Art
Heizzentrale EWP Abwasser	0.081343 kWh	3.6 MJ/kWh	0.293 MJ	0.707 MJ	Abwärme
Heizkraftwerk Holz	0.00028725 m^3	3481 MJ/m^3	1 MJ	0 MJ	Abwärme
Blockheizkraftwerk Diesel	0.0081628 kg	45.4 MJ/kg	0.371 MJ	0.629 MJ	Abwärme
Blockheizkraftwerk Erdgas	0.40385 MJ	-	0.404 MJ	0.596 MJ	Abwärme
Blockheizkraftwerk Biogas	0	0	0 MJ	1 MJ	Abfall/ Abwärme
Blockheizkrafftwerk Biogas, Landwirtschaft	0	0	0 MJ	1 MJ	Abfall/ Abwärme
Kleinblockheizkraftwerk, Erdgas	0.41538 MJ	-	0.415 MJ	0.585 MJ	Abwärme
Kehrichtverbrennung	0	0	0 MJ	1 MJ	Abfall
Heizkraftwerk Geothermie	0.340 MJ	-	0.340 MJ	0.660 MJ	Abwärme

In Schweizer Fernwärmenetzen wurden im Jahr 2012 etwa die Hälfte der Energie aus Kehrichtverbrennungsanlagen gewonnen (siehe Tab. 4.27). Erdgas, Holz und Wärmepumpen waren in dieser Reihenfolge die weiteren wesentlichen Energieträger beziehungsweise Technologien. Der Schweizer Durchschnitt wurde aus 35 grossen Wärmeverbunden aus der gesamten Schweiz basierend auf Angaben der Fernwärmestatistik des Jahres 2012 (VFS 2012) berechnet. In kleineren Wärmeverbunden, die nicht Mitglieder des Verbandes Fernwärme Schweiz sind, wird oft Holzschnitzel als Energieträger eingesetzt. Diese sind in der in Tab. 4.27 gezeigten Statistik nicht enthalten. Die gesamte durch die berücksichtigten Wärmeverbunde gelieferte Energie beträgt 4‘620 GWh. Für mehrere Fernwärmelieferanten konnte die Herkunft der Wärme nicht abschliessend bestimmt werden. Eine Energiemenge von 600 GWh konnte keinem Energieträger zugeordnet werden und wurde deshalb zur Berechnung des Schweizer Durchschnitts nicht verwendet.

Tab. 4.27 Eingesetzte Energieträger in Fernwärmeverbunden; Durchschnitt basierend auf 35 grossen Wärmeverbunden des VFS (2012)

Eingesetzter Energieträger	VFS 2012	
	CH Durchschnitt	Durchschnitt KVA-Netze
Heizöl	3.1%	1.4%
Erdgas	26.3%	23.1%
Holz	15.9%	13.7%
Wärmepumpe	6.2%	3.7%
Kehrichtverbrennung	48.5%	58.1%
Total	100.0%	100.0%

4.4.2 Wärmeproduktion mittels Abwasserwärmepumpe

In einer Ökobilanz-Fallstudie von Faist Emmenegger & Frischkecht (2004) wurden die Sachbilanzdaten einer Wärmepumpe erhoben, welche die Restwärme aus dem Zustrom einer Kläranlage mittels Wärmetauscher nutzt. Untersucht wurden die Herstellung, der Betrieb und die Entsorgung der Wärmepumpe mit Propan als Kältemittel. Auch die Verringerung der Reinigungsleistung der ARA (Stickstoffeliminierung), die durch die Abkühlung des Abwassers verursacht wird, wurde berücksichtigt. Die zugrundeliegenden Daten wurden weitgehend beim Auftraggeber und beim Hersteller des Wärmetauschers erhoben.

4.4.3 Blockheizkraftwerk Biogas

Die Strom- und Wärmeerzeugung mittels Blockheizkraftwerk Biogas wird auf Basis des Datensatzes „natural gas, burned in cogen 200kWe lean burn, CH“ modelliert. Der Brennstoff-Input wird mit dem ecoinvent Datensatz „methane, 96 vol-%, from biogas, low pressure, at consumer, CH“ abgebildet. Dieser repräsentiert den Bezug von Biogas aus dem Erdgasnetz, welches aus den Substraten gemäss Tab. 4.9 gewonnen wird. Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Methan aus der Verbrennung werden als biogene Emissionen verbucht. Da Biogas aus biogenen Abfällen gewonnen wird, wird der Energieinput unter der pro-memoria-Grösse "Abwärme / Abfall" verbucht.

Tab. 4.28 Sachbilanz der Strom- und Wärmeproduktion in einem mit Biogas betriebenen Blockheizkraftwerk

	Name	Location	InfrastructureProcess	Unit	biogas, burned in cogen with gas engine, methane 96 %-vol	UncertaintyType	StandardDeviation95 %	GeneralComment	heat, at cogen with biogas engine, methane 96%-vol allocation exergy	electricity, at cogen with biogas engine, methane 96%-vol allocation exergy
	Location				CH				CH	CH
	InfrastructureProcess				0				0	0
	Unit				MJ				MJ	kWh
allocated	heat, at cogen with biogas engine, methane 96%-vol allocation exergy	CH	0	MJ	5.50E-1				100	0
products	electricity, at cogen with biogas engine, methane 96%-vol allocation exergy	CH	0	kWh	9.17E-2				0	100
	methane, 96 vol-%, from biogas, low pressure, at consumer	CH	0	MJ	1.00E+0	1	1.26	(1,4,2,1,3,4); own calculations based onlower heating value of biogas	22.6	77.4
technosphere	cogen unit 200kWe, common components for heat+electricity	RER	1	unit	4.58E-9	1	3.07	(1,4,2,1,3,4); ecoinvent V1.1. cogeneration of natural gas.	22.6	77.4
	cogen unit 200kWe, components for electricity only	RER	1	unit	4.58E-9	1	3.07	(1,4,2,1,3,4); ecoinvent V1.1. cogeneration of natural gas.	-	100.0
	cogen unit 200kWe, components for heat only	RER	1	unit	4.58E-9	1	3.07	(1,4,2,1,3,4); ecoinvent V1.1. cogeneration of natural gas.	100.0	-
	lubricating oil, at plant	RER	0	kg	3.00E-5	1	1.26	(1,4,2,1,3,4); value of cogeneration of natural gas used as approximination	22.6	77.4
	disposal, used mineral oil, 10% water, to hazardous waste incineration	CH	0	kg	3.00E-5	1	1.26	(1,4,2,1,3,4); value for cogeneration of natural gas used as approximination	22.6	77.4
emission air, high population density	Nitrogen oxides	-	-	kg	7.00E-5	1	1.26	(1,4,2,1,3,4); own calculations	22.6	77.4
	Carbon monoxide, biogenic	-	-	kg	1.60E-4	1	2.07	(1,4,2,1,3,4); value for cogeneration of natural gas used as approximination	22.6	77.4
	Carbon dioxide, biogenic	-	-	kg	5.60E-2	1	2.07	(1,4,2,1,3,4); value for cogeneration of natural gas used as approximination	22.6	77.4
	Methane, biogenic	-	-	kg	8.00E-5	1	1.26	(1,4,2,1,3,4); own calculations based on carbon content in biogas	22.6	77.4
	NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	-	-	kg	1.00E-5	1	3.07	(1,4,1,1,3,4); value for cogeneration of natural gas used as approximination	22.6	77.4
	Sulfur dioxide	-	-	kg	5.50E-7	1	3.07	(1,4,2,1,3,4); value for cogeneration of natural gas used as approximination	22.6	77.4
	Dinitrogen monoxide	-	-	kg	5.00E-6	1	3.07	(1,4,2,1,3,4); value for cogeneration of natural gas used as approximination	22.6	77.4
	Particulates, < 2.5 um	-	-	kg	1.50E-7	1	1.26	(1,4,2,1,3,4); own calculations based on sulphur content in biogas	22.6	77.4
	Heat, waste	-	-	MJ	7.70E-1	1	5.08	(1,4,2,1,3,4); value for cogeneration of natural gas used as approximination	85.2	14.8

4.4.4 Blockheizkraftwerk Biogas, Landwirtschaft

Die Strom- und Wärmeerzeugung mit aus Gülle gewonnenem Biogas wird mit dem ecoinvent Datensatz „heat, at cogen with biogas engine, agricultural covered, allocation exergy, CH“ modelliert. Als Brennstoff-Input wird der ecoinvent Datensatz „biogas, mix, at agricultural co-fermentation, covered, CH“ verwendet. An diesem ecoinvent Datensatz wurden keine Anpassungen vorgenommen.

4.4.5 Transport von Fernwärme

Der Transport von Wärme in Fernwärmenetzen wird mittels der Angaben von Frischknecht et al. (1996) bilanziert. Der Datensatz bezieht sich auf die gelieferte Energiemenge. Der Strombedarf der Zirkulationspumpen beträgt 2 % der gelieferten Energiemenge. Die Primärenergiefaktoren und die weiteren Indikatoren pro geliefertes MJ sind in Tab. 4.29 aufgeführt, die Ausgangsdaten in Tab. 4.30. Die Faktoren beinhalten die Bauaufwendungen und die Hilfsenergiebedarfe, jedoch nicht Primärenergiebedarf und Umweltbelastungen der Energiequelle(n).

Tab. 4.29 Primärenergiefaktoren und Umweltauswirkungen der Fernwärmeinfrastruktur, bezogen auf 1 MJ in das Gebäude gelieferte Fernwärme

Umweltauswirkungen pro geliefertes MJ Nutzwärme	Einheit	Wert
Primärenergiefaktor, total	kJ Öl-eq	61
Primärenergiefaktor, fossil	kJ Öl-eq	11
Primärenergiefaktor, nuklear	kJ Öl-eq	41
Primärenergiefaktor, total erneuerbar	kJ Öl-eq	8
Primärenergiefaktor, Abwärme / Abfall	kJ Öl-eq	0
CO_2-Äquivalente	g CO_2-eq	0.9
Kohlendioxid, fossil	g	0.8
Umweltbelastungspunkte 2013	UBP'13	2.2

Tab. 4.30 Sachbilanz des Wärmetransports in Fern- und Nahwärmenetzen, bezogen auf 1 MJ in das Gebäude gelieferte Fernwärme

	Name	Location	InfrastructureProcess	Unit	transport, district heat, large area network, for warm water	GeneralComment
	Location				CH	
	InfrastructureProcess				1	
	Unit				MJ	
product	transport, district heat, large area network, for warm water	CH	1	MJ	1	
technsophere	electricity, medium voltage, at grid	CH	0	kWh	5.56E-3	(2,1,2,1,1,4); data adapted from "Ökoinventar für Energiesysteme"
	reinforcing steel, at plant	RER	0	kg	6.00E-5	(2,1,2,1,1,4); data from "Ökoinventar für Energiesysteme"
	wire drawing, steel	RER	0	kg	6.00E-5	(2,1,2,1,1,4); data from "Ökoinventar für Energiesysteme"
	polyurethane, rigid foam, at plant	RER	0	kg	2.00E-6	(2,1,2,1,1,4); data from "Ökoinventar für Energiesysteme"
	polyethylene, HDPE, granulate, at plant	RER	0	kg	8.00E-6	(2,1,2,1,1,4); data from "Ökoinventar für Energiesysteme"
	extrusion, plastic pipes	RER	0	kg	8.00E-6	(2,1,2,1,1,4); data from "Ökoinventar für Energiesysteme"
	glass wool mat, at plant	CH	0	kg	3.00E-6	(2,1,2,1,1,4); data from "Ökoinventar für Energiesysteme"
	concrete, normal, at plant	CH	0	m3	2.73E-7	(2,1,2,1,1,4); data from "Ökoinventar für Energiesysteme"
	excavation, skid-steer loader	RER	0	m3	2.00E-6	(2,1,2,1,1,4); data from "Ökoinventar für Energiesysteme"
	transport, lorry 20-28t, fleet average	CH	0	tkm	2.00E-5	(2,1,2,1,1,4); data from "Ökoinventar für Energiesysteme"
	transport, freight, rail	CH	0	tkm	4.00E-5	(2,1,2,1,1,4); data from "Ökoinventar für Energiesysteme"
	disposal, inert waste, 5% water, to inert material landfill	CH	0	kg	6.20E-4	(2,1,2,1,1,4); data from "Ökoinventar für Energiesysteme"
	disposal, polyurethane, 0.2% water, to municipal incineration	CH	0	kg	1.20E-6	(2,1,2,1,1,4); data from "Ökoinventar für Energiesysteme"
Änderungen gegenüber Ökoinventar von Energiesystemen						
emission air, unspecified	Heat, waste	-	-	MJ	2.00E-2	(2,1,2,1,1,4); data from "Ökoinventar für Energiesysteme"
	Heat, waste	-	-	MJ	1.00E-1	(2,1,2,1,1,4); data from "Ökoinventar für Energiesysteme"
Da die Abwärme abhängig von der Verlustleistung ist (im Rechner variabel gestaltbar)						

4.5 Elektrizitätserzeugung und dessen Bezug via Netz

4.5.1 Übersicht der modellierten Technologien

Tab. 4.31 Übersicht der verschiedenen Technologien für die Elektrizitätserzeugung mit Bezug via Netz; CH: Schweiz; DE: Deutschland; IT: Italien; RER: Europa; ENTSO-E: European Network of Transmission System Operators for Electricity

Energieträger	Name des ecoinvent Datensatzes	Lokalität
Atomkraftwerk	Aktualisierter Datensatz: electricity, nuclear, at power plant	CH
Erdgaskombikraftwerk GuD	Aktualisierter Datensatz: electricity, natural gas, at combined cycle plant, best technology	RER
Braunkohlekraftwerk (Dampf)	electricity, lignite, at power plant	DE
Steinkohlekraftwerk (Dampf)	electricity, hard coal, at power plant	DE
Kraftwerk Schweröl	electricity, oil, at power plant	IT
Kehrichtverbrennung	electricity from waste, at municipal waste incineration plant	CH
Heizkraftwerk Holz	electricity, at cogen 6400kWth, wood, emission control, allocation exergy	CH
Blockheizkraftwerk Diesel	electricity, at cogen 200kWe diesel SCR, allocation exergy	CH
Blockheizkraftwerk Gas	Aktualisierter Datensatz: electricity, at cogen 500kWe lean burn, allocation exergy	CH
Blockheizkraftwerk Biogas	für dieses Projekt erstellter Datensatz, siehe Abschnitt 4.4.3	CH
Blockheizkraftwerk Biogas, Landwirtschaft	electricity, at cogen, biogas agricultural mix, allocation exergy	CH
Fotovoltaik	für dieses Projekt erstellter Datensatz, siehe Abschnitt 4.5.2	CH
Fotovoltaik Schrägdach	für dieses Projekt erstellter Datensatz, siehe Abschnitt 4.5.2	CH
Fotovoltaik Flachdach	für dieses Projekt erstellter Datensatz, siehe Abschnitt 4.5.2	CH
Fotovoltaik Fassade	für dieses Projekt erstellter Datensatz, siehe Abschnitt 4.5.2	CH
Windkraft	electricity, at wind power plant	CH
Wasserkraft	Aktualisierter Datensatz: electricity, hydropower, at power plant	CH
Pumpspeicherung	Aktualisierter Datensatz: electricity, hydropower, at pumped storage power plant	CH
Geothermie	Eigener Datensatz, siehe Abschnitt 4.5.3	CH
CH-Produktionsmix	Aktualisierter Datensatz: Electricity, low voltage, production CH, at grid	CH
CH-Verbrauchermix	Aktualisierter Datensatz: Electricity, low voltage, at grid	CH
ENTSO-E-Mix	Aktualisierter Datensatz: Electricity, low voltage, production ENTSO, at grid	ENTSO
Mix zertifizierte Stromprodukte	Aktualisierter Datensatz: electricity, low voltage, certified electricity, at grid	CH

Für Strom aus Biogas, respektive aus Abfall, der in einer Kehrichtverbrennungsanlage verbrannt wird, wird pro MJ Strom zusätzlich 1 MJ des pro-memoria Primärenergiefaktors “Abwärme/Abfall“ einberechnet, da der Energieinhalt des Abfalls und des aus biogenen Abfällen beziehungsweise aus Gülle gewonnenen Biogases weder im Primärenergieverbrauch erneuerbar, noch im Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar berücksichtigt ist.

4.5.2 Fotovoltaik

Aus Jungbluth et al. (2012) stehen aktuelle Sachbilanzdaten zu Fotovoltaik-Strom zur Verfügung. Für dieses Projekt wurden zusätzlich die Technologiemixe von Fotovoltaik-Anlagen zusammengestellt, die auf Schrägdächern, Flachdächern beziehungsweise an Fassaden montiert sind. Die Technologiemixe sind in Tab. 4.32, Tab. 4.33 und Tab. 4.34 dokumentiert.

Tab. 4.32 Technologiemix der Fotovoltaik Schrägdach-Anlagen

	Name	Location	InfrastructureProces	Unit	electricity, photovoltaic mix slanted-roof, at plant	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH			
	InfrastructureProcess				0			
	Unit				kWh			
product	electricity, photovoltaic mix slanted-roof, at plant	CH	0	kWh	1			
technosphere	electricity, PV, at 93 kWp slanted-roof, single-Si, laminated, integrated	CH	0	kWh	1.29E-2	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 1.3 MWp slanted-roof, multi-Si, panel, mounted	CH	0	kWh	4.99E-2	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 3kWp slanted-roof, single-Si, laminated, integrated	CH	0	kWh	8.10E-3	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 3kWp slanted-roof, single-Si, panel, mounted	CH	0	kWh	2.94E-1	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 3kWp slanted-roof, multi-Si, laminated, integrated	CH	0	kWh	3.12E-2	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 3kWp slanted-roof, multi-Si, panel, mounted	CH	0	kWh	4.36E-1	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 3kWp slanted-roof, ribbon-Si, panel, mounted	CH	0	kWh	3.58E-2	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 3kWp slanted-roof, ribbon-Si, lam., integrated	CH	0	kWh	2.56E-3	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 3kWp slanted-roof, CdTe, laminated, integrated	CH	0	kWh	6.17E-2	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 3kWp slanted-roof, CIS, panel, mounted	CH	0	kWh	7.31E-3	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 3kWp slanted-roof, a-Si, lam., integrated	CH	0	kWh	4.00E-3	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 3kWp slanted-roof, a-Si, panel, mounted	CH	0	kWh	5.60E-2	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010

Tab. 4.33 Technologiemix der Fotovoltaik Flachdach-Anlagen

	Name	Location	InfrastructureProce	Unit	electricity, photovoltaic mix flat-roof, at plant	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH			
	InfrastructureProcess				0			
	Unit				kWh			
product	electricity, photovoltaic mix flat-roof, at plant	CH	0	kWh	1			
technosphere	electricity, PV, at 156 kWp flat-roof, multi-Si	CH	0	kWh	3.67E-1	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 280 kWp flat-roof, single-Si	CH	0	kWh	2.48E-1	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 3kWp flat roof installation, single-Si	CH	0	kWh	1.55E-1	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 3kWp flat roof installation, multi-Si	CH	0	kWh	2.30E-1	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010

Tab. 4.34 Technologiemix der Fotovoltaik Fassaden-Anlagen

	Name	Location	InfrastructureProc	Unit	electricity, photovoltaic mix facade, at plant	UncertaintyType	StandardDeviation 95%	GeneralComment
	Location				CH			
	InfrastructureProcess				0			
	Unit				kWh			
product	electricity, photovoltaic mix facade, at plant	CH	0	kWh	1			
technosphere	electricity, PV, at 3kWp facade installation, multi-Si, panel, mounted	CH	0	kWh	2.01E-1	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 3kWp facade installation, single-Si, panel, mounted	CH	0	kWh	2.01E-1	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 3kWp facade, multi-Si, laminated, integrated	CH	0	kWh	2.99E-1	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010
	electricity, PV, at 3kWp facade, single-Si, laminated, integrated	CH	0	kWh	2.99E-1	1	1.05	(1,1,1,1,1,1,BU:1.05); Swiss photovoltaic electricity mix, Jungbluth et al., 2010

4.5.3 Geothermie

Die Daten zur Elektrizitätserzeugung via Geothermie ("Deep heat mining" oder "Hot dry rock-Verfahren") basieren hauptsächlich auf den Arbeiten von Spahr (1999) und Pehnt (2006).

Spahr (1999) weist für Geothermie einen kumulierten Energieaufwand, nicht erneuerbar (KEA_{ne}) von 0.254 MJ-eq pro MJ aus. Zusätzlich werden 1.128 MJ-eq an erneuerbarer Energie benötigt. Die ausgewiesene nicht erneuerbare Energie wird gemäss dem Verhältnis KEA_{fossil} zu KEA_{ne} beziehungsweise $KEA_{nuklear}$ zu KEA_{ne} von Windkraftwerken auf die Indikatoren "fossil" und "nuklear" aufgeteilt.

Die Umweltbelastung gemäss Methode der ökologischen Knappheit wird wie folgt bestimmt: der kumulierte Energieaufwand, nicht erneuerbar von Geothermiestrom wird multipliziert mit dem Verhältnis von Umweltbelastungspunkten zu kumuliertem Energieaufwand, nicht erneuerbar von Windkraftstrom.

Die Angaben zu den CO_2-Äquivalenten stammen aus Pehnt (2006). Dort wird unter Einbezug der Vorketten 41 g CO_2-eq pro generierte kWh elektrische Energie ausgewiesen.

Strom aus geothermischen Kraftwerken, die nicht auf dem Hot-Dry-Rock-Verfahren basieren, kann deutlich andere CED-Werte und insbesondere andere spezifische Treibhausgasemissionen aufweisen. Auch die Höhe der Gesamtumweltbelastung (ausgedrückt in Umweltbelastungspunkten) kann deutlich variieren.

Die Übertragbarkeit von Leistungs- und Umweltdaten auf zukünftige (geplante) Verfahren und Technologien ist bezüglich „Datenqualität" und „Datenvollständigkeit" kritisch zu hinterfragen. Die hier aufgeführten Werte können nur unter diesen Vorbehalten für einen Energieträgervergleich benützt werden.

Tab. 4.35 Datenquellen und Indikatoren für Strom und Wärme aus Geothermie; KEA: kumulierter Energieaufwand; ne: nicht erneuerbar; f: fossil; n: nuklear; e: erneuerbar; tot: Total, Werte sind noch nicht auf Strom und Wärme aufgeteilt.

Indikator	Wert pro MJ	Quelle
KEA total	1.38 MJ Öl-eq	KEA fossil + KEA nuklear + KEA erneuerbar
KEA fossil	0.22 MJ Öl-eq	Spahr (1999), KEA_{tot} Geothermie * KEA_f Wind / KEA_{tot} Wind
KEA nuklear	0.04 MJ Öl-eq.	Spahr (1999), KEA_{tot} Geothermie * KEA_n Wind / KEA_{tot} Wind
KEA erneuerbar	1.13 MJ Öl-eq.	Spahr (1999), KEA_{tot} Geothermie * KEA_e Wind / KEA_{tot} Wind
Umweltbelastungspunkte	38 UBP'13	UBP Wind * KEA_{ne} Geothermie / KEA_{ne} Wind
CO_2-Äquivalente	0.0114 kg CO_2-eq	Pehnt (2006)
Kohlendioxid, fossil	0.0105 kg	Pehnt (2006), (CO_2 Wind / GWP Wind)*GWP Geothermie

Da in einem Geothermie-Kraftwerk neben Strom auch Wärme ausgekoppelt wird, ist die Umweltbelastung zwischen den beiden Produkten nach Exergie aufzuteilen. Grundlage der Berechnung ist neben der Stromproduktion von 4950 MWh eine mögliche Wärmeproduktion von 13'500 MWh mit einer Vorlauftemperatur von 70°C (Pehnt, 2006). Somit resultieren die in Tab. 4.36 augewiesenen Allokationsfaktoren. Der Input von 1.128 MJ an erneuerbarer Energie wird in jedem Fall benötigt, egal ob damit 1 MJ Strom oder 0.266 MJ Strom und 0.734 MJ Wärme erzeugt wird.

Tab. 4.36 Allokationsfaktoren für Wärme und Strom aus der Geothermie

Name in Tab. 2.1	Produkt	Allokationsfaktor
Heizkraftwerk Geothermie	Strom Geothermie	0.754
Heizkraftwerk Geothermie	Wärme Geothermie	0.246
Heizzentrale Geothermie	Wärme Geothermie	1 (keine Stromproduktion)

4.5.4 Verluste der verschiedenen Spannungsebenen

Die Verluste auf den verschiedenen Spannungsebenen bis und mit Niederspannung werden für alle Datensätze gemäss der Situation im Jahr 2009 entsprechend Itten et al. (2014) bilanziert. Der Materialbedarf für Leitungsbau und Netzinfrastruktur entspricht ebenfalls der Bilanzierung des schweizerischen Stromnetzes gemäss Itten et al. (2014).

Nachfolgend ist exemplarisch das Beispiel für den Transport (inkl. der Verluste) für den Bezug von Wasserkraft aufgeführt. Stromübertragung und –verteilung der anderen Technologien zur Elektrizitätsproduktion ist identisch modelliert.

Tab. 4.37 Eingabedaten der Strombereitstellung mittels Wasserkraft auf verschiedenen Spannungsebenen

	Name	Location	InfrastructurePr	Unit	electricity, high voltage, production from hydro power, at grid	electricity, medium voltage, production from hydro power, at grid	electricity, low voltage, production from hydro power, at grid	UncertaintyType	StandardDeviation95%	GeneralComment
	Location				CH	CH	CH			
	InfrastructureProcess				0	0	0			
	Unit				kWh	kWh	kWh			
product	electricity, high voltage, production from hydro power, at grid	CH	0	kWh	1					
	electricity, medium voltage, production from hydro power, at grid	CH	0	kWh		1				
	electricity, low voltage, production from hydro power, at grid	CH	0	kWh			1			
technosphere	electricity, hydropower, at power plant	CH	0	kWh	1.03E+0			1	1.24	(3,1,1,1,3,1); specific losses of network estimated based on statistics
	electricity, high voltage, production from hydro power, at grid	CH	0	kWh		1.01E+0		1	1.24	(3,1,1,1,3,1); specific losses of network estimated based on statistics
	electricity, medium voltage, production from hydro power, at grid	CH	0	kWh			1.06E+0	1	1.24	(3,1,1,1,3,1); specific losses of network estimated based on statistics
	sulphur hexafluoride, liquid, at plant	RER	0	kg		4.91E-8	2.71E-9	1	1.08	(1,1,2,1,1,3); based on emission data
	transmission network, electricity, high voltage	CH	1	km	6.82E-9			1	3.16	(3,1,4,5,3,5); based on consumption statistics
	transmission network, electricity, medium voltage	CH	1	km		1.86E-8		1	3.16	(3,1,4,5,3,5); based on consumption statistics
	distribution network, electricity, low voltage	CH	1	km			8.74E-8	1	3.16	(3,1,4,5,3,5); based on consumption statistics
emission soil, unspecified	Heat, waste	-	-	MJ	5.94E-3	1.59E-2	1.63E-1	1	1.32	(4,1,3,1,1,5); estimations based on losses
emission air, unspecified	Heat, waste	-	-	MJ	1.13E-1	1.94E-2	5.43E-2	1	1.32	(4,1,3,1,1,5); estimations based on losses
	Ozone	-	-	kg	4.50E-6			1	5.00	(-,-,-,-,-,-); standard deviation based on variation reported in literature
	Dinitrogen monoxide	-	-	kg	5.00E-6			1	4.60	(-,-,-,-,-,-); standard deviation based on variation reported in literature
	Sulfur hexafluoride	-	-	kg		4.91E-8	2.71E-9	1	1.51	(1,1,2,1,1,3); national statistics

4.5.5 Schweizer Strommix

Der Schweizer Strommix wird gemäss den Angaben aus Itten et al. (2014) modelliert (siehe Tab. 4.38). Für ausländische Wasserkraft und Kernkraft werden die entsprechenden französischen Datensätze gewählt, für ausländischen Strom aus Fotovoltaik der entsprechende Datensatz aus Deutschland. Der Strom aus ausländischen Erdgas-, Kohle- und Ölkraftwerken wird mit den Europäischen Datensätzen angenähert und nicht überprüfbare Elektrizitätsmengen werden mit dem ENTSO-E-Strommix bilanziert.

Tab. 4.38 Produktions-, Lieferanten-, zertifizierter und Verbraucherstrommix in der Schweiz im Jahr 2009, Quelle: Itten et al. (2014)

Technologie	Produktions-Strommix	Produktions-Strommix	Lieferanten-Strommix	Zertifizierter Strommix	Verbraucher strommix
Einheit	GWh	%	%	%	%
Inlandproduktion	66'494.0	100.000%	63.434%	99.619%	59.636%
Erneuerbare Energien	38'050.0	57.223%	32.734%	99.619%	25.706%
Wasserkraft	37'136.0	55.849%	32.064%	97.786%	25.159%
Laufwasserkraft	*12'710.0*	*19.115%*	*11.774%*	*33.468%*	*9.495%*
Speicherwasserkraft	*19'701.0*	*29.628%*	*17.141%*	*55.365%*	*13.125%*
Kleinwasserkraft	*3'400.0*	*5.113%*	*3.150%*	*8.953%*	*2.540%*
Pumpspeicherkraft	*1'325.0*	*1.993%*	*0.000%*	*0.000%*	*0.000%*
Andere erneuerbare Energien	914.0	1.375%	0.669%	1.833%	0.547%
Sonne	*114.5*	*0.172%*	*0.084%*	*0.655%*	*0.024%*
Wind	*57.8*	*0.087%*	*0.042%*	*0.445%*	*0.000%*
Holz	*515.2*	*0.775%*	*0.377%*	*0.509%*	*0.363%*
Biogas Landwirtschaft	*125.0*	*0.188%*	*0.091%*	*0.123%*	*0.088%*
Biogas Industrie	*101.6*	*0.153%*	*0.074%*	*0.100%*	*0.072%*
Geothermie	*0.0*	*0.000%*	*0.000%*	*0.000%*	*0.000%*
Nicht erneuerbare Energien	26'478.0	39.820%	31.940%	0.000%	35.292%
Kernenergie	26'119.0	39.280%	31.677%	0.000%	35.001%
Druckwasserreaktor	*13'780.0*	*20.724%*	*16.712%*	*0.000%*	*18.466%*
Siedewasserreaktor	*12'339.0*	*18.557%*	*14.965%*	*0.000%*	*16.535%*
Fossile Energieträger	359.0	0.540%	0.263%	0.000%	0.290%
Erdöl	*74.3*	*0.112%*	*0.054%*	*0.000%*	*0.060%*
Erdgas	*280.5*	*0.422%*	*0.205%*	*0.000%*	*0.227%*
Kohle	*4.2*	*0.006%*	*0.003%*	*0.000%*	*0.003%*
Abfälle	1'966.0	2.957%	1.439%	0.000%	1.591%
Nicht überprüfbare Energieträger	0.0	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%
Pumpenstrombedarf	0.0	0.000%	-2.679%	0.000%	-2.953%
Importe	0.0	0.000%	36.566%	0.381%	40.364%
Erneuerbare Energien	0.0	0.000%	5.361%	0.381%	5.883%
Wasserkraft	0.0	0.000%	5.210%	0.000%	5.756%
Laufwasserkraft	*0.0*	*0.000%*	*4.376%*	*0.000%*	*4.835%*
Speicherwasserkraft	*0.0*	*0.000%*	*0.834%*	*0.000%*	*0.921%*
Kleinwasserkraft	*0.0*	*0.000%*	*0.000%*	*0.000%*	*0.000%*
Andere erneuerbare Energien	0.0	0.000%	0.151%	0.381%	0.127%
Sonne	*0.0*	*0.000%*	*0.006%*	*0.000%*	*0.007%*
Wind	*0.0*	*0.000%*	*0.127%*	*0.381%*	*0.101%*
Holz	*0.0*	*0.000%*	*0.012%*	*0.000%*	*0.013%*
Biogas Landwirtschaft	*0.0*	*0.000%*	*0.003%*	*0.000%*	*0.003%*
Biogas Industrie	*0.0*	*0.000%*	*0.002%*	*0.000%*	*0.003%*
Geothermie	*0.0*	*0.000%*	*0.000%*	*0.000%*	*0.000%*
Nicht erneuerbare Energien	0.0	0.000%	12.537%	0.000%	13.852%
Kernenergie	0.0	0.000%	11.097%	0.000%	12.262%
Druckwasserreaktor	*0.0*	*0.000%*	*11.097%*	*0.000%*	*12.262%*
Siedewasserreaktor	*0.0*	*0.000%*	*0.000%*	*0.000%*	*0.000%*
Fossile Energieträger	0.0	0.000%	1.438%	0.000%	1.589%
Erdöl	*0.0*	*0.000%*	*0.022%*	*0.000%*	*0.024%*
Erdgas	*0.0*	*0.000%*	*1.335%*	*0.000%*	*1.475%*
Kohle	*0.0*	*0.000%*	*0.083%*	*0.000%*	*0.092%*
Abfälle	0.0	0.000%	0.018%	0.000%	0.020%
Nicht überprüfbare Energieträger	0.0	0.000%	18.651%	0.000%	20.608%
Total	66'494.0	100.000%	100.000%	100.000%	100.000%

5 Sachbilanzen: Energie am Ausgang Energiewandler

5.1 Brenn- und Treibstoffe

Tab. 5.1 Übersicht der Brenn- und Treibstoffe und der entsprechenden Sachbilanzdatensätze; CH: Schweiz; RER: Europa

Energieträger	Name des ecoinvent Datensatzes	Lokalität
Heizöl EL	Heat, light fuel oil, burned in boiler 10kW, non-modulating	CH
Erdgas	Heat, natural gas, at boiler condensing modulating <100kW	RER
Propan/Butan	für dieses Projekt erstellter Datensatz, siehe 4.1.2 jedoch inkl. Brennerinfrastruktur	CH
Kohle Koks	Heat, hard coal coke, burned in stove 5-15kW	RER
Kohle Brikett	Heat, hard coal briquette, burned in stove 5-15kW	RER
Stückholz	für dieses Projekt erstellter Datensatz basierend auf : „Heat, Logs, mixed, burned in furnace 30kW“	CH
Stückholz mit Partikelfilter	für dieses Projekt erstellter Datensatz basierend auf : „Heat, Logs, mixed, burned in furnace 30kW“	CH
Holzschnitzel	für dieses Projekt erstellter Datensatz basierend auf : „Heat, Wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW“	CH
Holzschnitzel mit Partikelfilter	für dieses Projekt erstellter Datensatz basierend auf : „Heat, Wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW“	CH
Pellets	für dieses Projekt erstellter Datensatz basierend auf : „Heat, Pellets, mixed, burned in furnace 50kW“	CH
Pellets mit Partikelfilter	für dieses Projekt erstellter Datensatz basierend auf : „Heat, Pellets, mixed, burned in furnace 50kW“	CH
Biogas	für dieses Projekt erstellter Datensatz basierend auf „heat, natural gas, burned in boiler condensing modulating <100kW“, siehe Abschnitt 4.2	CH
Diesel in Lkw	Transport, lorry 3.5-20t, fleet average/CH U	CH
Diesel in Baumaschine	Excavation, hydraulic digger/RER U	RER
Diesel in Pkw	Transport, passenger car, diesel, fleet average/CH U	CH
Benzin in Pkw	Transport, passenger car, petrol, fleet average/CH U	CH
Erdgas in Pkw	Transport, passenger car, natural gas/CH U	CH
Kerosin in Flugzeug	Transport, aircraft, passenger, Europe /CH	CH
Biogas in Pkw	Transport, passenger car, methane, 96 vol-%, from biogas/CH U	CH

Mit Ausnahme der für dieses Projekt erstellten Datensätze wurden alle unverändert aus dem aktualisierten ecoinvent Datenbestand v2.2+ übernommen und ausgewertet.

5.2 Wärme : am Gebäudestandort

Tab. 5.2 Übersicht der Datensätze “Wärme: am Gebäudestandort”; CH: Schweiz; EFH: Einfamilienhaus; EWP: Elektrowärmepumpe; MFH: Mehrfamilienhaus; RER: Europa; RH: Raumheizung; WW: Warmwasser

Energieträger	Name des ecoinvent Datensatzes	Lokalität
Kleinblockheizkraftwerk, Erdgas	Heat, at Mini CHP plant, allocation exergy	CH
Flachdachkollektor Warmwasser EFH	heat, at 5 m^2 Cu collector, one-family house, for hot water	CH
Flachdachkollektor WW und RH EFH	heat, at 12 m^2 Cu collector, one-family house, for combined system	CH
Flachdachkollektor Warmwasser MFH	heat, at 30 m^2 Cu collector, multiple dwelling, slanted roof, for hot water	CH
Röhrenkollektor WW und RH EFH	heat, at 10.5 m^2 evacuated tube collector, glass-glass tube, one-family house, for combined system	CH
EWP Luft/Wasser	Heat, at air-water heat pump 10kW	RER
EWP Erdsonde	Heat, borehole heat exchanger, at brine-water heat pump 10kW	RER
EWP Grundwasser	Bau der Wärmpumpe beruht auf “borehole heat exchanger, at brine-water heat pump 10kW”, mit spezifischer Jahresarbeitszahl von 3.4	CH

Für Sonnenkollektortechnologien werden Datensätze aus Stucki & Jungbluth (2010) verwendet. Die Auswahl an Anlagetypen gibt einen Überblick über die verschiedenen Technologien und Anlagegrössen, welche über bedeutende Marktanteile verfügen.

Die Jahresarbeitszahl der Luft/Wasser-Wärmepumpe beträgt 2.8, diejenige der Erdsonden-Wärmepumpe 3.9. Da im Datensatz “heat, at air-water heat pump 10kW“ keine Umgebungswärme mitbilanziert ist, wird diese im Rahmen dieses Projektes ergänzt: Pro MJ gelieferter Energie sind 0.643 MJ an Umgebungswärme notwendig. Alle Wärmepumpen werden mit elektrischem Strom gemäss dem Schweizer Verbrauchermix (siehe Abschnitt 4.5.5) betrieben.

Die Aufwendungen für die Wärmespeicherung (z.B. Warmwasser-Boiler) und die Wärmeverluste innerhalb des Hauses sind nicht berücksichtigt.

5.3 Elektrizitätserzeugung am Gebäudestandort

Tab. 5.3 Übersicht der verschiedenen Technologien für die Elektrizitätserzeugung am Standort; CH: Schweiz

Elektrizitätserzeugung	Name des ecoinvent Datensatzes	Lokalität
Kleinblockheizkraftwerk, Erdgas	Electricity, at Mini CHP plant, allocation exergy	CH
Fotovoltaik	Electricity, production mix photovoltaic, at plant	CH
Fotovoltaik Schrägdach	für dieses Projekt erstellter Datensatz, siehe Abschnitt 4.5.2	CH
Fotovoltaik Flachdach	für dieses Projekt erstellter Datensatz, siehe Abschnitt 4.5.2	CH
Fotovoltaik Fassade	für dieses Projekt erstellter Datensatz, siehe Abschnitt 4.5.2	CH
Windkraft	Electricity, at wind power plant Simplon 30kW	CH
Biogas	Electricity, at cogen with biogas engine, methane 96%-vol allocation exergy	CH
Biogas, Landwirtschaft	Electricity, at cogen with biogas engine, agricultural covered, alloc. exergy	CH

Strom am Gebäudestandort wird entweder mit einem Erdgas-Kleinblockheizkraftwerk, mit Fotovoltaik, Wind oder mit einem Biogas-Blockheizkraftwerk produziert. Bei Fotovoltaik werden der Datensatz mit dem durchschnittlichen schweizerischen Mix ab Klemme Kraftwerk und drei anlagespezifische Datensätze verwendet. Die drei Datensätze unterscheiden sich in der Installationsart der Fotovoltaikanlage und auch im Mix der eingesetzten Technologien. Bei Windkraft werden die Daten einer Kleinanlage verwendet und bei Biogas, Landwirtschaft eine Anlage, welche die Zertifizierungskriterien des Vereins für umweltgerechte Elektrizität (VUE) erfüllen kann.

In diesen Datensätzen sind keine Aufwendungen für Spannungstransformation oder Leitungsinfrastruktur mitbilanziert. Für Biogas als Energieträger wird pro MJ Strom 1 MJ des Primärenergiefaktors „Abwärme/Abfall“ einberechnet, da der Energieinhalt des aus biogenen Abfällen gewonnenen Biogases weder im Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar noch im Primärenergieverbrauch erneuerbar berücksichtigt wird.

6 Sachbilanzen Kollektor- und Fotovoltaikanlagen

Neben den Primärenergiefaktoren zur erzeugten Energie der Energiesysteme wurden auch die Umweltindikatoren der Kollektor- und Fotovoltaikanlagen pro Quadratmeter Kollektor beziehungsweise pro kWp installierte Leistung (Fotovoltaik) berechnet. Die Daten stammen aus den aktuellen Publikationen von Jungbluth et al. (2012) und Stucki & Jungbluth (2010).

6.1 Kollektoranlagen

Tab. 6.1 Übersicht der verschiedenen Anlagen für die Wärmeerzeugung mit Solarkollektoren am Standort; CH: Schweiz
Al: Aluminium, CH: Schweiz, Cu: Kupfer, EFH: Einfamilienhaus, MFH: Mehrfamilienhaus, RH: Raumheizung, WW: Warmwasser

Wärmeerzeugung	Name des ecoinvent Datensatzes	Lokalität
Cu-Kollektoranlage, EFH, für Warmwasser	solar system, 5 m^2 Cu flat plate collector, one-family house, hot water	CH
Vakuumröhrenkollektor, EFH, für RH und WW	solar system, 10.5 m^2 evacuated tube collector, one-family house, combined system	CH
Cu-Kollektoranlage, EFH, für RH und WW	solar system, 12 m^2 Cu flat plate collector, one-family house, combined system	CH
Cu-Kollektoranlage, MFH, auf Schrägdach, für Warmwasser	solar system, 20 m^2 Cu flat plate collector, on slanted roof, hot water	CH
Al-Cu-Kollektoranl., MFH, auf Schrägdach, für Warmwasser	solar system, 30 m^2 Al-Cu flat plate collector, on slanted roof, hot water	CH
Cu-Kollektoranlage, MFH, auf Flachdach, für Warmwasser	solar system, 30 m^2 Cu flat plate collector, on flat roof, hot water	CH
Cu-Kollektoranlage, MFH, auf Schrägdach, für Warmwasser	solar system, 30 m^2 Cu flat plate collector, on slanted roof, hot water	CH
Cu-Kollektor-Grossanlage, MFH, für Warmwasser	solar system, 81 m^2 Cu flat plate collector, multiple dwelling, hot water	CH

Um den Primärenergiebedarf pro m^2 Kollektorfläche zu berechnen, wurden die Aufwendungen für die Herstellung eines Kollektors berechnet und durch die Kollektorfläche geteilt. Auf dieselbe Weise wurde bei den Fotovoltaikanlagen vorgegangen. Die Flächen der Kollektoren und Fotovoltaikanlagen sind in Tab. 2.3 und Tab. 6.3 dargestellt. Für die Berechnungen wurden nur Aufwendungen für die Herstellung und Montage, nicht aber für den Betrieb und die Entsorgung der Kollektoren beziehungsweise Fotovoltaikanlagen berücksichtigt.

6.2 Fotovoltaikanlagen

Tab. 6.2 Übersicht der verschiedenen Anlagen für die Elektrizitätserzeugung mit Fotovoltaik am Standort; CH: Schweiz

Elektrizitätserzeugung	Name des ecoinvent Datensatzes	Lokalität
Schrägdachanlage, 93 kWp, single-Si, integriert	93 kWp slanted-roof installation, single-Si, laminated, integrated, on roof	CH
Schrägdachanlage, 1.3 MWp, multi-Si, Paneel	1.3 MWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted, on roof	CH
Schrägdachanlage, 3 kWp, single-Si, integriert	3kWp slanted-roof installation, single-Si, laminated, integrated, on roof	CH
Schrägdachanlage, 3 kWp, single-Si, Paneel	3kWp slanted-roof installation, single-Si, panel, mounted, on roof	CH
Schrägdachanlage, 3 kWp, multi-Si, integriert	3kWp slanted-roof installation, multi-Si, laminated, integrated, on roof	CH
Schrägdachanlage, 3 kWp, multi-Si, Paneel	3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted, on roof	CH
Schrägdachanlage, 3 kWp, ribbon-Si, integriert	3kWp slanted-roof installation, ribbon-Si, laminated, integrated, on roof	CH
Schrägdachanlage, 3 kWp, ribbon-Si, Paneel	3kWp slanted-roof installation, ribbon-Si, panel, mounted, on roof	CH
Schrägdachanlage, 3 kWp, CdTe, integriert	3kWp slanted-roof installation, CdTe, laminated, integrated, on roof	CH
Schrägdachanlage, 3 kWp, CIS, Paneel	3kWp slanted-roof installation, CIS, panel, mounted, on roof	CH
Schrägdachanlage, 3 kWp, a-Si, integriert	3kWp slanted-roof installation, a-Si, laminated, integrated, on roof	CH
Schrägdachanlage, 3 kWp, a-Si, Paneel	3kWp slanted-roof installation, a-Si, panel, mounted, on roof	CH
Flachdachanlage, 280 kWp, single-Si	280 kWp flat-roof installation, single-Si, on roof	CH
Flachdachanlage, 156 kWp, multi-Si	156 kWp flat-roof installation, multi-Si, on roof	CH
Flachdachanlage, 3 kWp, single-Si	3kWp flat roof installation, single-Si, on roof	CH
Flachdachanlage, 3 kWp, multi-Si	3kWp flat roof installation, multi-Si, on roof	CH
Fassadenanlage, 3 kWp, single-Si, integriert	3kWp facade installation, single-Si, laminated, integrated, at building	CH
Fassadenanlage, 3 kWp, single-Si, Paneel	3kWp facade installation, single-Si, panel, mounted, at building	CH
Fassadenanlage, 3 kWp, multi-Si, integriert	3kWp facade installation, multi-Si, laminated, integrated, at building	CH
Fassadenanlage, 3 kWp, multi-Si, Paneel	3kWp facade installation, multi-Si, panel, mounted, at building	CH

Die Fotovoltaikanlagen wurden anschliessend in die vier Kategorien Fotovoltaik, Fotovoltaik Schrägdach, Fotovoltaik Flachdach und Fotovoltaik Fassade gruppiert. Die einzelnen

Technologien innerhalb einer Kategorie werden entsprechend ihrer Anteile im Schweizer Fotovoltaikmix aggregiert (vgl. Tab. 6.3).

Tab. 6.3 Anlagegrössen der unterschiedlichen Fotovoltaiktechnologien und deren Anteile an den Mixen Fotovoltaik, Fotovoltaik Schrägdach, Fotovoltaik Flachdach und Fotovoltaik Fassade, aus Jungbluth et al. (2012)

Technologie	Land -	Anlagengrösse m^2	Anteil PV mix -	Anteil Typ -
560 kWp open ground installation, single-Si, on open ground	CH	4576.0	1.68%	
93 kWp slanted-roof installation, single-Si, laminated, integrated, on roof	CH	684.0	1.01%	1.29%
1.3 MWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted, on roof	CH	10126.0	3.89%	4.99%
3kWp slanted-roof installation, single-Si, laminated, integrated, on roof	CH	21.4	0.63%	0.81%
3kWp slanted-roof installation, single-Si, panel, mounted, on roof	CH	21.4	22.95%	29.43%
3kWp slanted-roof installation, multi-Si, laminated, integrated, on roof	CH	22.8	2.43%	3.12%
3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted, on roof	CH	22.8	34.02%	43.62%
3kWp slanted-roof installation, ribbon-Si, panel, mounted, on roof	CH	25.0	2.79%	3.58%
3kWp slanted-roof installation, ribbon-Si, laminated, integrated, on roof	CH	25.0	0.20%	0.26%
3kWp slanted-roof installation, CdTe, laminated, integrated, on roof	CH	27.5	4.81%	6.17%
3kWp slanted-roof installation, CIS, panel, mounted, on roof	CH	28.1	0.57%	0.73%
3kWp slanted-roof installation, a-Si, laminated, integrated, on roof	CH	46.5	0.31%	0.40%
3kWp slanted-roof installation, a-Si, panel, mounted, on roof	CH	46.5	4.37%	5.60%
Photovoltaik Schrägdach	CH		77.98%	100.00%
156 kWp flat-roof installation, multi-Si, on roof	CH	2077.4	4.48%	36.70%
280 kWp flat-roof installation, single-Si, on roof	CH	1170.0	3.02%	24.76%
3kWp flat roof installation, single-Si, on roof	CH	21.4	1.89%	15.52%
3kWp flat roof installation, multi-Si, on roof	CH	22.8	2.81%	23.01%
Photovoltaik Flachdach	CH		12.21%	100.00%
3kWp facade installation, single-Si, laminated, integrated, at building	CH	21.4	1.64%	20.14%
3kWp facade installation, single-Si, panel, mounted, at building	CH	21.4	1.64%	20.14%
3kWp facade installation, multi-Si, laminated, integrated, at building	CH	22.8	2.43%	29.86%
3kWp facade installation, multi-Si, panel, mounted, at building	CH	22.8	2.43%	29.86%
Photovoltaik Fassade	CH		8.14%	100.00%
Photovoltaik (electricity, production mix photovoltaic, at plant)	CH		100.00%	

7 Sachbilanzen Heizungs-, Lüftungs-, Sanitär- und Elektroanlagen

Neben den Primärenergiefaktoren zur erzeugten Energie der Energiesysteme wurden auch die Umweltindikatoren der Heizungs-, Lüftungs-, Sanitär- und Elektroanlagen pro Quadratmeter Energiebezugsfläche (EBF) des Gebäudes, pro Stück, pro Meter Erdsonde oder pro kg Wärmpumpe berechnet. Die Daten stammen aus den aktuellen Publikationen von Primas (2008), Klingler & Kasser (2011), Klingler et al. (2014)

7.1 Heizungsanlagen

Tab. 7.1 Übersicht der verschiedenen Heizungsanlagen am Standort; CH: Schweiz; basierend auf Primas (2008) und Klingler et al. (2014)

Heizungsanlage	Einheit	Quelle	Lokalität
Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m^2	m^2	Datensatz basierend auf :Primas (2008)	CH
Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m^2	m^2	Datensatz basierend auf :Primas (2008)	CH
Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 50 W/m^2	m^2	Datensatz basierend auf :Primas (2008)	CH
Erdsonden, für Sole-Wasser-Wärmepumpe	m	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH
Sole-Wasser Wärmepumpe 8 kW	Stk	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH
Sole-Wasser Wärmepumpe 8 kW	kg	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH
Luft-Wasser Wärmepumpe 8 kW	Stk	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH
Luft-Wasser Wärmepumpe 8 kW	kg	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH
Verteilung Wohngebäude	m^2	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH
Verteilung Bürogebäude	m^2	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH
Abgabe über Heizkörper	m^2	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH
Abgabe über Fussbodenheizung	m^2	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH
Abgabe über Heizkühldecke (ohne Gips- oder Metalldecke)	m^2	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH
Wärmeverteilung, Luftheizung	m^2	Datensatz basierend auf :Primas (2008)	CH

7.2 Lüftungsanlagen

Tab. 7.2 Übersicht der verschiedenen Lüftungsanlagen am Standort; CH: Schweiz; basierend auf Primas (2008) und Klingler et al. (2014)

Lüftungsanlage	Einheit	Quelle	Lokalität
Einzelraumlüfer Fenstermodell 10-30 m^3/h, ohne Montage	Stk	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH
Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft	m^2	Datensatz basierend auf :Primas (2008)	CH
Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft	m^2	Datensatz basierend auf :Primas (2008)	CH
Abluftanlage Küche und Bad	m^2	Datensatz basierend auf :Primas (2008)	CH
Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen	m^2	Datensatz basierend auf :Primas (2008)	CH
Erdregister kurz zu Lüftungsanlage Büro (0.27 m/m^2 EBF)	m^2	Datensatz basierend auf :Primas (2008)	CH
Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m/m^2 EBF)	m^2	Datensatz basierend auf :Primas (2008)	CH
Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 1 m^3/(h m^2)	m^2	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH
Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 2 m^3/(h m^2)	m^2	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH
Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 4 m^3/(h m^2)	m^2	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH
Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 6 m^3/(h m^2)	m^2	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH
Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 8 m^3/(h m^2)	m^2	Datensatz basierend auf :Klingler et al. (2014)	CH

7.3 Sanitäranlagen

Tab. 7.3 Übersicht der verschiedenen Sanitäranlagen am Standort; CH: Schweiz; basierend auf Klingler & Kasser (2011)

Sanitäranlagen	Quelle	Lokalität
Büro, einfache Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	Basierend auf Klingler & Kasser (2011)	CH
Büro, einfache Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	Basierend auf Klingler & Kasser (2011)	CH
Büro, aufwändige Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	Basierend auf Klingler & Kasser (2011)	CH
Büro, aufwändige Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	Basierend auf Klingler & Kasser (2011)	CH
Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	Basierend auf Klingler & Kasser (2011)	CH
Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	Basierend auf Klingler & Kasser (2011)	CH

7.4 Elektroanlagen

Tab. 7.4 Übersicht der verschiedenen Elektroanlagen am Standort; CH: Schweiz; basierend auf Klingler & Kasser (2011)

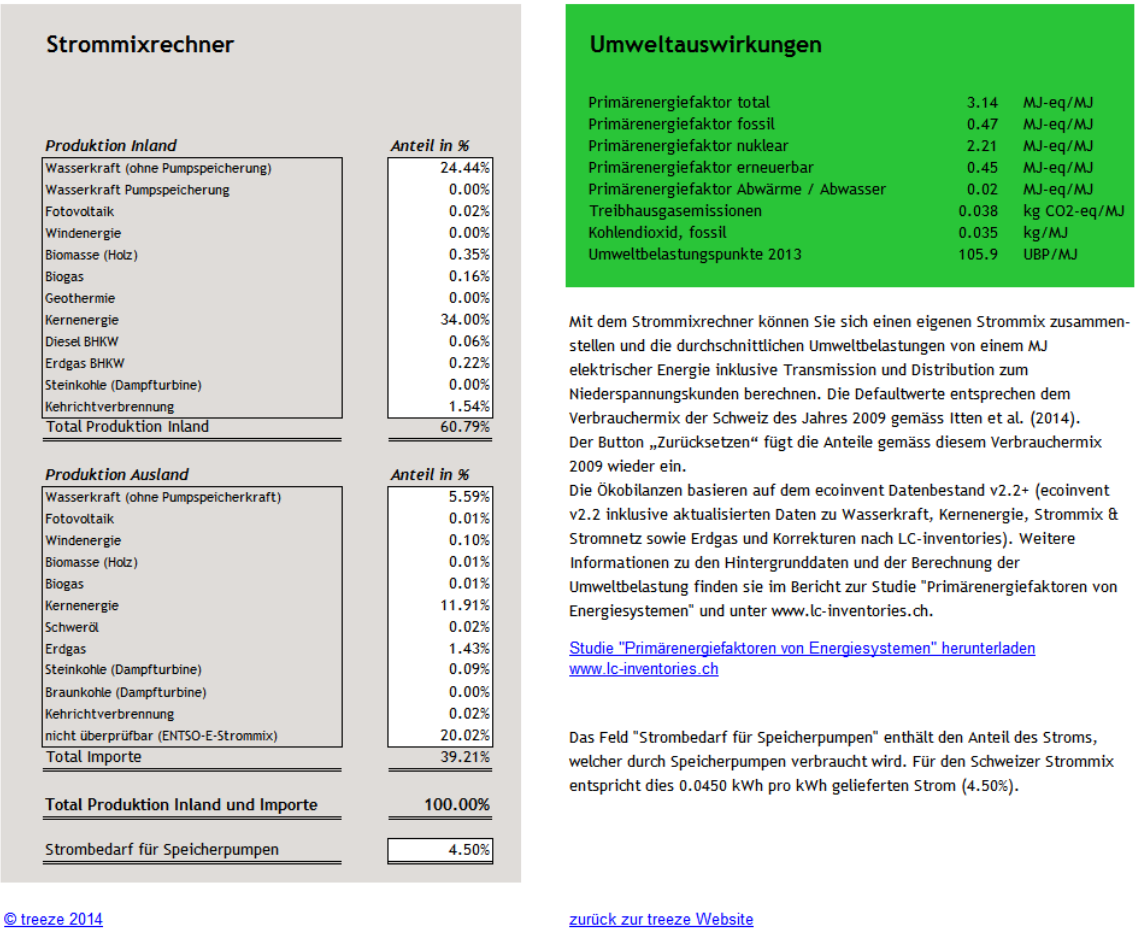
Elektroanlagen	Quelle	Lokalität
Büro, Erstellung	Basierend auf Klingler & Kasser (2011)	CH
Büro, Rückbau	Basierend auf Klingler & Kasser (2011)	CH
Wohnen, Erstellung	Basierend auf Klingler & Kasser (2011)	CH
Wohnen, Rückbau	Basierend auf Klingler & Kasser (2011)	CH

8 Parametrisierte Rechner

8.1 Strommix-Rechner

Der Strommixrechner greift auf die in Unterkapitel 4.5 aufgeführten Datensätze zurück und berechnet die durchschnittlichen Umweltbelastungen von einem MJ elektrischer Energie, inklusive Übertragung und Transport zum Niederspannungskunden. Die Defaultwerte entsprechen dem Verbraucherstrommix der Schweiz des Jahres 2009 gemäss Itten at al.(2014). Der separat verkaufte, zertifizierte Strom ist hier vom Lieferantenstrommix Schweiz gemäss BFE 2009 abgezogen. Dies ist in Übereinstimmung mit dem original ecoinvent Datensatz des Verbraucherstrommix Schweiz (der an die Verbraucher gelieferte, durchschnittliche Strommix).

Der Button „zurücksetzen“ füllt die entsprechenden Anteile des Verbraucherstrommixes automatisch aus.



Strommixrechner

Produktion Inland	*Anteil in %*
Wasserkraft (ohne Pumpspeicherung)	24.44%
Wasserkraft Pumpspeicherung	0.00%
Fotovoltaik	0.02%
Windenergie	0.00%
Biomasse (Holz)	0.35%
Biogas	0.16%
Geothermie	0.00%
Kernenergie	34.00%
Diesel BHKW	0.06%
Erdgas BHKW	0.22%
Steinkohle (Dampfturbine)	0.00%
Kehrichtverbrennung	1.54%
Total Produktion Inland	60.79%

Produktion Ausland	*Anteil in %*
Wasserkraft (ohne Pumpspeicherkraft)	5.59%
Fotovoltaik	0.01%
Windenergie	0.10%
Biomasse (Holz)	0.01%
Biogas	0.01%
Kernenergie	11.91%
Schweröl	0.02%
Erdgas	1.43%
Steinkohle (Dampfturbine)	0.09%
Braunkohle (Dampfturbine)	0.00%
Kehrichtverbrennung	0.02%
nicht überprüfbar (ENTSO-E-Strommix)	20.02%
Total Importe	39.21%
Total Produktion Inland und Importe	**100.00%**
Strombedarf für Speicherpumpen	4.50%

Umweltauswirkungen

Primärenergiefaktor total	3.14	MJ-eq/MJ
Primärenergiefaktor fossil	0.47	MJ-eq/MJ
Primärenergiefaktor nuklear	2.21	MJ-eq/MJ
Primärenergiefaktor erneuerbar	0.45	MJ-eq/MJ
Primärenergiefaktor Abwärme / Abwasser	0.02	MJ-eq/MJ
Treibhausgasemissionen	0.038	kg CO2-eq/MJ
Kohlendioxid, fossil	0.035	kg/MJ
Umweltbelastungspunkte 2013	105.9	UBP/MJ

Mit dem Strommixrechner können Sie sich einen eigenen Strommix zusammenstellen und die durchschnittlichen Umweltbelastungen von einem MJ elektrischer Energie inklusive Transmission und Distribution zum Niederspannungskunden berechnen. Die Defaultwerte entsprechen dem Verbrauchermix der Schweiz des Jahres 2009 gemäss Itten et al. (2014).
Der Button „Zurücksetzen“ fügt die Anteile gemäss diesem Verbrauchermix 2009 wieder ein.
Die Ökobilanzen basieren auf dem ecoinvent Datenbestand v2.2+ (ecoinvent v2.2 inklusive aktualisierten Daten zu Wasserkraft, Kernenergie, Strommix & Stromnetz sowie Erdgas und Korrekturen nach LC-inventories). Weitere Informationen zu den Hintergrunddaten und der Berechnung der Umweltbelastung finden sie im Bericht zur Studie "Primärenergiefaktoren von Energiesystemen" und unter www.lc-inventories.ch.

Studie "Primärenergiefaktoren von Energiesystemen" herunterladen
www.lc-inventories.ch

Das Feld "Strombedarf für Speicherpumpen" enthält den Anteil des Stroms, welcher durch Speicherpumpen verbraucht wird. Für den Schweizer Strommix entspricht dies 0.0450 kWh pro kWh gelieferten Strom (4.50%).

© treeze 2014 zurück zur treeze Website

Abb. 8.1 Printscreen des web-basierten Strommix-Rechners

8.2 Fernwärme-Rechner

Das Berechnungsmodell zur Fernwärme basiert auf den gleichen Datensätzen wie im entsprechenden Unterkapitel 4.4 beschrieben. Während die Ergebnisse in Tab. 2.1 die Netzaufwendungen und –verluste (20 %) beinhalten, können im Fernwärmerechner die Verlustanteile fallspezifisch angepasst werden. Die Netzaufwendungen werden in Abhängigkeit der gelieferten Energiemenge berücksichtigt und sind somit unabhängig von den individuell einzugebenden Netzverlusten.

Die Zusammensetzung der Energieträger im zu bilanzierenden Fernwärmenetz kann frei gewählt werden. Die Defaultwerte entsprechen dem Mix gemäss der Fernwärmestatistik Schweiz des Jahres 2012. Die anwählbaren Wärmepumpen entsprechen denjenigen in der statischen Liste der Primärenergiefaktoren und können nicht mit dem im Unterkapitel 8.3 beschriebenen Wärmepumpenrechner kombiniert werden.

Der Button „zurücksetzen“ füllt automatisch die entsprechenden Anteile des Schweizer Fernwärmemixes 2012 aus.

Fernwärmerechner

Produktion im Fernwärmenetz	*Anteil in %*
Heizzentrale Oel	3.1%
Heizzentrale Gas	26.3%
Heizzentrale Holz	15.9%
Heizkraftwerk Holz	0.0%
Heizzentrale Geothermie	0.0%
Heizkraftwerk Geothermie	0.0%
Heizzentrale EWP Luft/Wasser	0.0%
Heizzentrale EWP Erdsonde	6.2%
Heizzentrale EWP Abwasser	0.0%
Heizzentrale EWP Grundwasser	0.0%
Kehrichtverbrennung	48.5%
Blockheizkraftwerk Diesel	0.0%
Blockheizkraftwerk Gas	0.0%
Blockheizkraftwerk Biogas	0.0%
Summe	100.0%
Verlust im Fernwärmenetz	20.00%

Umweltauswirkungen		Einheit
Primärenergiefaktor total	0.87	MJ-eq/MJ
Primärenergiefaktor fossil	0.46	MJ-eq/MJ
Primärenergiefaktor nuklear	0.09	MJ-eq/MJ
Primärenergiefaktor erneuerbar	0.32	MJ-eq/MJ
Primärenergiefaktor Abwärme / Abwasser	0.58	MJ-eq/MJ
CO2-Äquivalente	0.030	kg CO2-eq/MJ
Kohlendioxid, fossil	0.027	kg/MJ
Umweltbelastungspunkte 2013	25.3	UBP/MJ

Der Fernwärmerechner berechnet die Umweltbelastung pro MJ gelieferte Fernwärme eines von Ihnen zusammengestellten Wärmeerzeugungsmixes.
Die Netzverluste können ebenfalls fallspezifisch angepasst werden.
Die Defaultwerte entsprechen dem Mix gemäss der Fernwärmestatistik Schweiz des Jahres 2012. Der Button „Zurücksetzen“ füllt automatisch die Anteile gemäss den Defaultwerten aus.
Die Ökobilanzen basieren auf dem ecoinvent Datenbestand v2.2+ (ecoinvent v2.2 inklusive aktualisierten Daten zu Wasserkraft, Kernenergie, Strommix & Stromnetz sowie Erdgas und Korrekturen nach LC-inventories). Weitere Informationen zu den Hintergrunddaten und der Berechnung der Umweltbelastung finden sie im Bericht zur Studie "Primärenergiefaktoren von Energiesystemen" und unter www.lc-inventories.ch.

Studie "Primärenergiefaktoren von Energiesystemen" herunterladen
www.lc-inventories.ch

© treeze 2014

zurück zur treeze Website

Abb. 8.2 Printscreen des web-basierten Fernwärme-Rechners

8.3 Wärmepumpen-Rechner

Das parametrisierte Modell des Wärmepumpenrechners basiert auf den gleichen Datensätzen wie die in Kapitel 3 und 5 aufgeführten Datensätze zu den einzelnen Wärmepumpen. Die Art der Wärmepumpe und der Strommix zur Deckung des Betriebsstrombedarfs können frei gewählt werden. Falls für die Wärmepumpe ein fallspezifischer Strommix mit dem Strommixrechner erstellt wird, so muss unter "Strommix" das entsprechende Dropdown-Feld „Strom-

mix gemäss Strommixrechner“ angewählt sein. Im weiteren kann man die Jahresarbeitszahl entweder frei eingeben oder einen für den gewählten Wärmepumpentyp gültigen Standardwert verwenden.

Der Wärmepumpenrechner verwendet statische Werte für die Herstellungsaufwendungen und Kältemittelverluste gemäss den vier anwählbaren Wärmepumpentypen. Die Umweltbelastung des Betriebsstrombedarfs (auf Niveau Niederspannung) wird entsprechend der vordefinierten oder frei eingegebenen Jahresarbeitszahl und dem angewählten Strommix berücksichtigt.

Im grün hinterlegten Bereich werden die Ergebnisse und die zugehörigen Eingaben angezeigt.

Wärmepumpenrechner

Typ der Wärmepumpe	Luft-Wasser
Jahresarbeitszahl (JAZ)	generische JAZ
Anlagenspezifische Jahresarbeitszahl	2.8
Strommix	CH-Verbrauchermix

Umweltauswirkungen

	Pro MJ Wärme	Einheit	Pro kWh	Einheit
Primärenergiefaktor total	1.77	MJ-eq/MJ Wärme	17.86	MJ-eq/kWh Strom
Primärenergiefaktor fossil	0.18	MJ-eq/MJ Wärme	1.78	MJ-eq/kWh Strom
Primärenergiefaktor nuklear	0.79	MJ-eq/MJ Wärme	7.99	MJ-eq/kWh Strom
Primärenergiefaktor erneuerbar	0.80	MJ-eq/MJ Wärme	8.10	MJ-eq/kWh Strom
Primärenergiefaktor Abwärme / Abwasser	0.01	MJ-eq/MJ Wärme	0.07	MJ-eq/kWh Strom
CO2-Äquivalente	0.0211	kg CO2-eq/MJ Wärme	0.212	kg CO2-eq/kWh Strom
Kohlendioxid, fossil	0.0129	kg/MJ Wärme	0.130	kg/kWh Strom
Umweltbelastungspunkte 2013	44.7	UBP/MJ Wärme	450.8	UBP/kWh Strom

Anlagenspezifischer Strommix:

Produktion Inland	*Anteil in %*
Wasserkraft (ohne Pumpspeicherung)	24.44%
Wasserkraft Pumpspeicherung	0.00%
Fotovoltaik	0.02%
Windenergie	0.00%
Biomasse (Holz)	0.35%
Biogas	0.16%
Geothermie	0.00%
Kernenergie	34.00%
Diesel BHKW	0.06%
Erdgas BHKW	0.22%
Steinkohle (Dampfturbine)	0.00%
Kehrichtverbrennung	1.54%
Total Produktion Inland	60.79%

Produktion Ausland	*Anteil in %*
Wasserkraft (ohne Pumpspeicherkraft)	5.59%
Fotovoltaik	0.01%
Windenergie	0.10%
Biomasse (Holz)	0.01%
Biogas	0.01%
Kernenergie	11.91%
Schweröl	0.02%
Erdgas	1.43%
Steinkohle (Dampfturbine)	0.09%
Braunkohle (Dampfturbine)	0.00%
Kehrichtverbrennung	0.02%
nicht überprüfbar (ENTSO-E-Strommix)	20.02%
Total Importe	39.21%
Total Produktion Inland und Importe	100.00%
Strombedarf für Speicherpumpen	4.50%

Ihre Eingaben:

Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe:	2.8
Strommix:	CH-Verbrauchermix
Typ Wärmepumpe:	Luft-Wasser

Der Wärmepumpenrechner berechnet die Umweltbelastung pro MJ gelieferte Wärme oder pro kWh Strom (verbraucht von der Wärmepumpe). Sie können im Rechner den Typ der Wärmepumpe auswählen sowie eine anlagenspezifische Jahresarbeitszahl und einen spezifischen Strommix eingeben. Falls Ihnen die detaillierten Angaben dazu fehlen, können Sie im Rechner auch eine generische Jahresarbeitszahl und einen durchschnittlichen Strommix wählen.
Die Ökobilanzen basieren auf dem ecoinvent Datenbestand v2.2+ (ecoinvent v2.2 inklusive aktualisierten Daten zu Wasserkraft, Kernenergie, Strommix & Stromnetz sowie Erdgas und Korrekturen nach LC-inventories). Weitere Informationen zu den Hintergrunddaten und der Berechnung der Umweltbelastung finden sie im Bericht zur Studie "Primärenergiefaktoren von Energiesystemen" und unter www.lc-inventories.ch.

Studie "Primärenergiefaktoren von Energiesystemen" herunterladen
www.lc-inventories.ch

Anlagenspezifischer Strommix

Unter "anlagenspezifischer Strommix" können Sie den Strommix gemäss dem Herkunftsnachweis Ihres Stromversorgers eingeben. Das Feld "Strombedarf für Speicherpumpen" enthält den Anteil des Stroms, welcher durch Speicherpumpen verbraucht wird. Für den Schweizer Strommix entspricht dies 0.0450 kWh pro kWh gelieferten Strom (4.50%). Diese Menge Strom wird zusätzlich in Form des Schweizer Strommixes bezogen.

Abb. 8.3 Printscreen des web-basierten Wärmepumpen-Rechners

Alle drei Rechner sind unter der Webadresse http://treeze.ch/calculators/ frei zugänglich.

9 Literatur

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.

Cuhls et al. 2008 — Cuhls C., Mähl B., Berkau S. and Clemens J. (2008) Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen. Ingenieurgesellschaft für Wissenstransfer mbH, IM AUFTRAG DES UMWELTBUNDESAMTES.

Doka 2014 — Doka G. (2014) Updates to Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services - part II: waste incineration. Doka Life Cycle Assessments, Zürich, Switzerland.

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.

Faist Emmenegger & Frischknecht 2004 — Faist Emmenegger M. and Frischknecht R. (2004) Ökobilanz einer Wärmepumpe mit Abwärmenutzung aus Rohabwasser. ESU-services for Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, Uster.

Flury & Frischknecht 2012 — Flury K. and Frischknecht R. (2012) Life Cycle Inventories of Hydroelectric Power Production. ESU-services Ltd., Uster, retrieved from: www.lc-inventories.ch.

Frischknecht et al. 1996 — Frischknecht R., Bollens U., Bosshart S., Ciot M., Ciseri L., Doka G., Dones R., Gantner U., Hischier R. and Martin A. (1996) Ökoinventare von Energiesystemen: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz. 3. Gruppe Energie - Stoffe - Umwelt (ESU), Eidgenössische Technische Hochschule Zürich und Sektion Ganzheitliche Systemanalysen, Paul Scherrer Institut, Villigen, Bundesamt für Energie (Hrsg.), Bern, CH, retrieved from: www.energieforschung.ch.

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.

Itten et al. 2014 — Itten R., Frischknecht R. and Stucki M. (2014) Life Cycle Inventories of Electricity Mixes and Grid, Version 1.3. treeze Ltd., Uster, Switzerland, retrieved from: www.treeze.ch.

Jungbluth et al. 2007 — Jungbluth N., Chudacoff M., Dauriat A., Dinkel F., Doka G., Faist Emmenegger M., Gnansounou E., Kljun N., Schleiss K., Spielmann M., Stettler C. and Sutter J. (2007) Life Cycle Inventories of Bioenergy. ecoinvent report No. 17, v2.0. ESU-services, Uster, CH, retrieved from: www.ecoinvent.org.

Jungbluth et al. 2012 — Jungbluth N., Stucki M., Flury K., Frischknecht R. and Buesser S. (2012) Life Cycle Inventories of Photovoltaics. ESU-services Ltd., Uster, CH, retrieved from: www.esu-services.ch.

Klingler & Kasser 2011	Klingler M. and Kasser U. (2011) Graue Energie von Sanitär- und Elektroanlagen - Sach- und Ökobilanzen von zwölf verschiedenen Gebäuden in den Bereichen Wohnen und Büro. Büro für Umweltchemie im Auftrag des Bundesamt für Energie BfE, Bern, retrieved from: http://www.eco-bau.ch/resources/uploads/GE_Sanitaer_Elektro.pdf.
Klingler et al. 2014	Klingler M., Kasser U., Savi D., Primas A., Stettler Y. and Gujer P. (2014) Ökobilanzdaten für Lüftungs- und Wärmeanlagen; Schlussbericht. büro für umweltchemie und Basler & Hofmann AG im Auftrag des Bundesamtes für Energie, BFE, Zürich / Bern, retrieved from: www.bfe.admin.ch/dokumentation/00459/?lang=de.
LC-inventories 2014	LC-inventories (2014) Corrections, updates and extensions of ecoinvent data v2.2. treeze Ltd., retrieved from: www.lc-inventories.ch.
Pehnt 2006	Pehnt M. (2006) Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies. In: Renewable Energy, 31, pp. 55-71.
PRé Consultants 2012	PRé Consultants (2012) SimaPro 7.3.3, Amersfoort, NL, retrieved from: www.esu-services.ch/simapro/.
Primas 2008	Primas A. (2008) Ökologische Bewertung von Gebäudetechnikanlagen für SIA 2032. Basler & Hofmann AG im Auftrag des Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, Zürich.
Schori et al. 2012	Schori S., Bauer C. and Frischknecht R. (2012) Life Cycle Inventory of Natural Gas Supply. Paul Scherrer Institut Villigen, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, retrieved from: www.ecoinvent.org.
Spahr 1999	Spahr A. (1999) Schaffung einer Grundlage für Aussagen über die Gesamtenergiebilanz in HDR/HWR-Systemen, Lausanne.
Stucki & Jungbluth 2010	Stucki M. and Jungbluth N. (2010) Update of the Life Cycle Inventories of Solar Collectors. ESU-services Ltd., Uster, CH.
Stucki et al. 2011	Stucki M., Jungbluth N. and Leuenberger M. (2011) Life Cycle Assessment of Biogas Production from Different Substrates. im Auftrag des Bundesamtes für Energie BfE, ESU-services Ltd., Uster, retrieved from: http://www.esu-services.ch/data/public-lci-reports/ (login).
VFS 2012	VFS (2012) Statistik der eingesetzten Energieträger, 2012. Verband Fernwärme Schweiz (VFS), Niederrohrdorf, retrieved from: http://www.fernwaerme-schweiz.ch/.

10 Anhang

Tab. 10.1 Prozessliste aller verwendeten Datensätze für Energietechnologien inklusive KBOB Nummer, Name in KBOB Liste und Name in SimaPro

KBOB Nummer	Name KBOB Liste	Name in SimaPro
41.001	Heizöl EL	light fuel oil, burned in boiler 10kW, non-modulating (proj. 210)/MJ/CH U
41.002	Erdgas	natural gas, burned in boiler, condensing, modulating <100kW (proj. 388)/MJ/RER U
41.003	Propan/Butan	propane/butane, burned in boiler, low-NOx cond. non-modul. <100kW (proj. 210)/MJ/CH U
41.004	Kohle Koks	hard coal coke, burned in stove 5-15kW (proj.210)/MJ/RER U
41.005	Kohle Brikett	hard coal briquette, burned in stove 5-15kW (proj. 210)/MJ/RER U
41.006	Stückholz	logs, mixed, burned in furnace 30kW (proj. 210), adjusted PM, without PF/MJ/CH U
41.010	Stückholz mit Partikelfilter	logs, mixed, burned in furnace 30kW (proj. 210), adjusted PM, with PF/MJ/CH U
41.007	Holzschnitzel	wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW (proj. 210), adjusted PM, without PF/MJ/CH U
41.011	Holzschnitzel mit Partikelfilter	wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW (proj. 210), adjusted PM, with PF/MJ/CH U
41.008	Pellets	pellets, mixed, burned in furnace 50kW (proj. 210), adjusted PM, without PF/MJ/CH U
41.012	Pellets mit Partikelfilter	pellets, mixed, burned in furnace 50kW (proj. 210), adjusted PM, with PF/MJ/CH U
41.009	Biogas	biogas, burned in boiler condensing modulating <100kW (Proj. 210)/MJ/RER U
43.001	Heizkessel Heizöl EL	Heat, light fuel oil, at boiler 100kW condensing, non-modulating/CH U
43.002	Heizkessel Erdgas	Heat, natural gas, at boiler condensing modulating <100kW/RER U
43.003	Heizkessel Propan / Butan	heat, propane/butane, burned in boiler, low-NOx cond. non-modul. <100kW/MJ/CH U
43.004	Heizkessel Kohle Koks	Heat, hard coal coke, at stove 5-15kW/RER U
43.005	Heizkessel Kohle Brikett	Heat, hard coal briquette, at stove 5-15kW/RER U
43.006	Heizkessel Stückholz	heat, mixed logs, at furnace 30kW, adjusted PM, without PF/MJ/CH U
43.010	Heizkessel Stückholz mit Partikelfilter	heat, mixed logs, at furnace 30kW, adjusted PM, with PF/MJ/CH U
43.007	Heizkessel Holzschnitzel	heat, hardwood chips, at furnace 50kW, adjusted PM, without PF/MJ/CH U
43.011	Heizkessel Holzschnitzel mit Partikelfilter	heat, hardwood chips, at furnace 50kW, adjusted PM, with PF/MJ/CH U
43.008	Heizkessel Pellets	heat, wood pellets, at furnace 50kW, adjusted PM, without PF/MJ/CH U
43.012	Heizkessel Pellets mit Partikelfilter	heat, wood pellets, at furnace 50kW, adjusted PM, with PF/MJ/CH U
43.009	Heizkessel Biogas	heat, biogas, at boiler condensing modulating <100kW/MJ/RER U
61.002	Diesel in LKW	fuel in transport, lorry 3.5-20t, fleet average (proj. 210)/MJ/CH U
61.001	Diesel in Baumaschine	fuel in building machine, excavation hydraulic digger/MJ/CH U
61.004	Diesel in PKW	fuel in transport, passenger car, diesel, fleet average (proj. 210)/MJ/CH U
61.003	Benzin in PKW	fuel in transport, passenger car, petrol, fleet average (proj. 210)/MJ/CH U
61.006	Erdgas in PKW	fuel in transport, passenger car, natural gas (proj. 210)/MJ/CH U
61.008	Strom in PKW	fuel in transport, passenger car, electric (proj. 210)/CH U
61.009	Benzin in Scooter	fuel in transport, scooter,petrol (proj. 210)/CH U
61.007	Kerosin in Flugzeug	fuel in transport, aircraft, passenger, Europe (proj. 210)/MJ/CH U
61.005	Biogas in PKW	fuel in transport, passenger car, methane, 96 vol-%, from biogas (proj. 210)/MJ/CH U
42.001	Heizzentrale Oel	district heat, from light fuel oil, at industrial furnace 1MW/MJ/CH U
42.002	Heizzentrale Gas	district heat, from natural gas, at industrial furnace >100kW/MJ/CH U
42.003	Heizzentrale Holz	district heat, from wood, 6400kWth, emission control/MJ/CH U
42.004	Heizkraftwerk Holz	district heat, from wood in cogen 6400kWth, emission control, alloc. Exergy/MJ/CH U
42.005	Heizzentrale EWP Luft/Wasser (JAZ 2.8)	district heat, from air-water heat pump 10kW/MJ/CH U
42.006	Heizzentrale EWP Abwasser (JAZ 3.4)	district heat, from borehole heat exchanger, at brine-water heat pump 10kW/MJ/CH U
42.007	Heizzentrale EWP Grundwasser (JAZ 3.4)	district heat, from sewage heat exchanger/MJ/CH U
42.008	Heizzentrale EWP Erdsonde (JAZ 3.9)	district heat, from ground water heat pump/MJ/CH U
42.009	Heizzentrale Geothermie	Eigener Datensatz, gerechnet in Excel
42.010	Heizkraftwerk Geothermie	Eigener Datensatz, gerechnet in Excel
42.011	Kehrichtverbrennung	district heat, from municipal waste incineration plant/MJ/CH U
42.012	Blockheizkraftwerk Diesel	district heat, from cogen 200kWe diesel SCR, allocation exergy/MJ/CH U
42.013	Blockheizkraftwerk Gas	district heat, from natural gas, cogen 500kWe lean burn, allocation exergy/MJ/CH U
42.014	Blockheizkraftwerk Biogas	district heat, from biogas cogen engine, agricultural covered, alloc. exergy/MJ/CH U
42.015	Blockheizkraftwerk Biogas, Landwirtschaft	district heat, from cogen with biogas engine, methane 96%-vol/MJ/CH U
42.016	Fernwärme Durchschnitt Netze CH	district heat, average Switzerland, at grid/MJ/CH U
42.017	Fernwärme mit Nutzung Kehrichtwärme, Durchschnitt Ne	district heat, average MSWI Switzerland, at grid/MJ/CH U
44.008	Kleinblockheizkraftwerk, Erdgas	Heat, at Mini CHP plant, allocation exergy/CH U
44.004	Flachkollektor für Warmwasser EFH	heat, at 5 m2 Cu collector, one-family house, for hot water/CH U
44.005	Flachkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	heat, at 12 m2 Cu collector, one-family house, for combined system/CH U
44.006	Flachkollektor für Warmwasser MFH	heat, at 30 m2 Cu collector, multiple dwelling, slanted roof, for hot water/CH U
44.007	Röhrenkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	heat, at 10.5 m2 evacuated tube collector, glass-glass tube, one-family house, for combined system/CH U
44.001	Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (JAZ 2.8)	heat, at air-water heat pump 10kW (proj.210)/MJ/RER U
44.002	Elektrowärmepumpe Erdsonden (JAZ 3.9)	heat, borehole heat exchanger, at brine-water heat pump 10kW (proj.210)/MJ/RER U
44.003	Elektrowärmepumpe Grundwasser (JAZ 3.4)	heat, at groundwater heat pump, 10kW/MJ/CH U
45.001	Atomkraftwerk	electricity, low voltage, production from nuclear power, at grid/kWh/CH U
45.002	Erdgaskombikraftwerk GuD	electricity, low voltage, production from natural gas, comb. cycle, at grid/kWh/CH U
45.023	Braunkohlekraftwerk	electricity, low voltage, production from lignite, DE, at grid/CH U
45.003	Steinkohlekraftwerk	electricity, low voltage, production from hard coal, at grid/kWh/CH U
45.004	Kraftwerk Schweröl	electricity, low voltage, production from oil, at grid/kWh/CH U
45.005	Kehrichtverbrennung	electricity, low voltage, production from waste incineration, at grid/kWh/CH U
45.006	Heizkraftwerk Holz	electricity, low voltage, production from CHP wood, at grid/kWh/CH U
45.007	Blockheizkraftwerk Diesel	electricity, low voltage, production from CHP diesel, at grid/kWh/CH U
45.008	Blockheizkraftwerk Gas	electricity, low voltage, production from CHP natural gas, at grid/kWh/CH U
45.009	Blockheizkraftwerk Biogas	electricity, low voltage, production from biogas, at grid/kWh/CH U
45.010	Blockheizkraftwerk Biogas, Landwirtschaft	electricity, low voltage, cogen biogas, methane 96%-vol, at grid/kWh/CH U
45.011	Photovoltaik	electricity, low voltage, production from photovoltaic, at grid/kWh/CH U
45.012	Photovoltaik Schrägdach	electricity, low voltage, photovoltaic mix slanted-roof, at grid/kWh/CH U
45.013	Photovoltaik Flachdach	electricity, low voltage, photovoltaic mix flat-roof, at grid/kWh/CH U
45.014	Photovoltaik Fassade	electricity, low voltage, photovoltaic mix facade, at grid/kWh/CH U
45.015	Windkraft	electricity, low voltage, production from wind power, at grid/kWh/CH U
45.016	Wasserkraft	electricity, low voltage, production from hydro power, at grid/kWh/CH U
45.017	Pumpspeicherung	electricity, low voltage, production from hydro power, pumped stor., at grid/kWh/CH U
45.018	Heizkraftwerk Geothermie	eigener Datensatz, gerechnet in Excel
45.019	CH-Produktionsmix	Electricity, low voltage, production CH, at grid/kWh/CH U
45.022	Mix zertifizierte Stromprodukte CH	electricity, low voltage, certified electricity, at grid/kWh/CH U
45.020	CH-Verbrauchermix	Electricity, low voltage, at grid/kWh/CH U
45.021	ENTSO-E-Mix (ehemals UCTE-Mix)	electricity, low voltage, import ENTSO, at grid/kWh/CH U
46.008	Kleinblockheizkraftwerk, Erdgas	Electricity, at Mini CHP plant, allocation exergy/CH U
46.001	Photovoltaik	electricity, low voltage, production from photovoltaic, at house/kWh/CH U
46.002	Photovoltaik Schrägdach	electricity, low voltage, photovoltaic mix slanted-roof, at house/kWh/CH U
46.003	Photovoltaik Flachdach	electricity, low voltage, photovoltaic mix flatroof, at house/kWh/CH U
46.004	Photovoltaik Fassade	electricity, low voltage, photovoltaic mix facade, at house/kWh/CH U
46.005	Windkraft	electricity, low voltage, production from wind power, at house/kWh/CH U
46.006	Biogas	electricity, at cogen with biogas engine, methane 96%-vol allocation exergy/kWh/CH U
46.007	Biogas, Landwirtschaft	electricity, low voltage, production from biogas, at house/kWh/CH U

Tab. 10.2 Prozessliste aller verwendeten Datensätze für Gebäudetechnik inklusive KBOB Nummer, Anlagentyp Bezeichnung und Name in SimaPro

Anlagentyp		KBOB Nummer	Name SimaPro
Kollektoranlage am Gebäudestandort	Cu-Kollektoranlage, EFH, für Warmwasser	31.007	solar system, 5 m2 Cu flat plate collector, one-family house, hot water/CH/I U
	Vakuumröhrenkollektor, EFH, für RH und WW	31.010	solar system, 10.5 m2 evacuated tube collector, one-family house, combined system/CH/I U
	Cu-Kollektoranlage, EFH, für RH und WW	31.008	solar system, 12 m2 Cu flat plate collector, one-family house, combined system/CH/I U
	Cu-Kollektoranlage, MFH, auf Schrägdach, für Warmwasser	31.009	solar system, 20 m2 Cu flat plate collector, on slanted roof, hot water/CH/I U
Photovoltaikanlage in kWp am Gebäudestandort	Photovoltaik	34.024	eigene Berechnungen in Excel
	Photovoltaik Schrägdach	34.025	eigene Berechnungen in Excel
	Photovoltaik Flachdach	34.026	eigene Berechnungen in Excel
	Photovoltaik Fassade	34.027	eigene Berechnungen in Excel
Heizungsanlagen	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m2	31.001	heat production system, specific heat demand 10W/m2/CH U
	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m2	31.002	heat production system, specific heat demand 30W/m2/CH U
	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 50 W/m2	31.003	heat production system, specific heat demand 50W/m2/CH U
	Erdsonden, für Sole-Wasser-Wärmepumpe	31.016	borehole heat exchanger/CH U
	Sole-Wasser Wärmepumpe 8 kW	31.017	heat pump, brine-water, 8kW/CH U
	Sole-Wasser Wärmepumpe 8 kW	31.018	heat pump, brine-water, per kg/CH U
	Luft-Wasser Wärmepumpe 8 kW	31.019	heat pump, air-water, 8kW/CH U
	Luft-Wasser Wärmepumpe 8 kW	31.020	heat pump, air-water, per kg/CH U
	Verteilung Wohngebäude	31.021	production of heat distribution system, apartment building/CH U
	Verteilung Bürogebäude	31.022	production of heat distribution system, office building/CH U
	Abgabe über Heizkörper	31.023	production of heat dissipation system with radiator/CH U
	Abgabe über Fussbodenheizung	31.024	production of heat dissipation system with floor heating/CH U
	Abgabe über Heizkühldecke (ohne Gips- oder Metalldecke)	31.025	production of heat dissipation system with heating-cooling ceiling/CH U
	Wärmeverteilung, Luftheizung	31.015	heat distribution system, air heating, specific heat demand 10W/m2/CH U
	Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m2	92.006	disposal, heat production system, specific heat demand 10W/m2/CH U
	Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m2	92.007	disposal, heat production system, specific heat demand 30W/m2/CH U
	Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 50 W/m2	92.008	disposal, heat production system, specific heat demand 50W/m2/CH U
	Entsorgung, Erdsonden, für Sole-Wasser-Wärmepumpe	92.009	disposal, borehole heat exchanger/CH U
	Entsorgung, Sole-Wasser Wärmepumpe 8 kW	92.010	disposal, heat pump, brine-water, 8kW/CH U
	Entsorgung, Sole-Wasser Wärmepumpe 8 kW	92.011	disposal, heat pump, brine-water, per kg/CH U
	Entsorgung, Luft-Wasser Wärmepumpe 8 kW	92.012	disposal, heat pump, air-water, 8kW/CH U
	Entsorgung, Luft-Wasser Wärmepumpe 8 kW	92.013	disposal, heat pump, air-water, per kg/CH U
	Entsorgung, Verteilung Wohngebäude	92.014	disposal of heat distribution system, apartment building/CH U
	Entsorgung, Verteilung Bürogebäude	92.015	disposal of heat distribution system, office building/CH U
	Entsorgung, Abgabe über Heizkörper	92.016	disposal of heat dissipation system with radiator/CH U
	Entsorgung, Abgabe über Fussbodenheizung	92.017	disposal of heat dissipation system with floor heating/CH U
	Entsorgung, Abgabe über Heizkühldecke (ohne Gips- oder Metalldecke)	92.018	disposal of heat dissipation system with heating-cooling ceiling/CH U
	Entsorgung, Wärmeverteilung, Luftheizung	92.019	disposal, heat distribution system, air heating, specific heat demand 10W/m2/CH U
Lüftungsanlagen	Einzelraumlüfer Fenstermodell 10-30 m3/h, ohne Montage	32.010	single room ventilator with heat recovery window frame model/p/CH U
	Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft	32.001	ventilation system, average for appartment buildings, steel ducts, without GHE/CH U
	Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft	32.002	ventilation system, average for appartment buildings, PE ducts, without GHE/CH U
	Abluftanlage Küche und Bad	32.003	exhaust air system for kitchen and bathroom in appartment buildings/CH U
	Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen	32.004	ground heat exchanger for appartment buildings, PE ducts/CH U
	Erdregister kurz zu Lüftungsanlage Büro (0.27 m/m2 EBF)	32.008	ground heat exchanger for office buildings, short: 0.267 m/CH U
	Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m/m2 EBF)	32.009	ground heat exchanger for office buildings, long: 0.667 m/CH U
	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 1 m3/(h m2)	32.011	ventilation system, centralized, average for 1 m3/(h m2)/CH U
	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 2 m3/(h m2)	32.005	ventilation system, centralized, average for 2 m3/(h m2)/CH U
	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 4 m3/(h m2)	32.006	ventilation system, centralized, average for 4 m3/(h m2)/CH U
	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 6 m3/(h m2)	32.007	ventilation system, centralized, average for 6 m3/(h m2)/CH U
	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 8 m3/(h m2)	32.012	ventilation system, centralized, average for 8 m3/(h m2)/CH U
	Entsorgung, Einzelraumlüfer Fenstermodell 10-30 m3/h, ohne Montage	92.020	disposal, single room ventilator with heat recovery window frame model/p/CH U
	Entsorgung, Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft	92.021	disposal, ventilation system for appartment buildings, steel ducts, without GHE/CH U
	Entsorgung, Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft	92.022	disposal, ventilation system for appartment buildings, PE ducts, without GHE/CH U
	Entsorgung, Abluftanlage Küche und Bad	92.023	disposal, exhaust air system for kitchen and bathroom in appartment buildings/CH U
	Entsorgung, Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen	92.024	disposal, ground heat exchanger for appartment buildings, PE ducts/CH U
	Entsorgung, Erdregister kurz zu Lüftungsanlage Büro (0.27 m/m2 EBF)	92.025	disposal, ground heat exchanger for office buildings, short: 0.267 m/CH U
	Entsorgung, Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m/m2 EBF)	92.026	disposal, ground heat exchanger for office buildings, short: 0.667 m/CH U
	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 1 m3/(h m2)	92.027	disposal, ventilation system, centralized, average for 1 m3/(h m2)/CH U
	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 2 m3/(h m2)	92.028	disposal, ventilation system, centralized, average for 2 m3/(h m2)/CH U
	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 4 m3/(h m2)	92.029	disposal, ventilation system, centralized, average for 4 m3/(h m2)/CH U
	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 6 m3/(h m2)	92.030	disposal, ventilation system, centralized, average for 6 m3/(h m2)/CH U
	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 8 m3/(h m2)	92.031	disposal, ventilation system, centralized, average for 8 m3/(h m2)/CH U
Sanitäranlagen	Büro, einfache Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	33.001	office, simple sanitary installation, incl. appliances and pipes, construction/CH U
	Büro, einfache Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	92.001	office, simple sanitary installation, incl. appliances and pipes, deconstruction/CH U
	Büro, aufwändige Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	33.002	office, complex sanitary installation, incl. appliances and pipes, construction/CH U
	Büro, aufwändige Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	92.002	office, complex sanitary installation, incl. appliances and pipes, deconstruction/CH U
	Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	33.003	EKG I, sanitary facilities, residental building, construction/m2/CH/I U
	Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	92.003	EKG I, sanitary facilities, residental building, deconstruction/m2/CH/I U
Elektroanlagen	Büro, Erstellung	34.002	EKG I, electrical system, office building, construction/m2/CH/I U
	Büro, Rückbau	92.005	EKG I, electrical system, office building, deconstruction/m2/CH/I U
	Wohnen, Erstellung	34.001	EKG I, electrical system, residental building, construction/m2/CH/I U
	Wohnen, Rückbau	92.004	EKG I, electrical system, residental building, deconstruction/m2/CH/I U