
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-v1.0.docx, 19.06.2014 16:01:00 |

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 | 41 |
| 7.3 | Sanitäranlagen | 42 |
| 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 publizierte 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 m² 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 m³ Aushubleistung einer Baumaschine.
- Wärme, erneuerbar am Gebäudestandort:
1 MJ vom Energiewandler ans Verteilnetz des Hauses geliefert
- Fernwärme:
1 MJ vom Fernwärmenetz ans Verteilnetz des Hauses geliefert
- Elektrizität, erneuerbar am Gebäudestandort:
1 MJ Strom ans Niederspannungsverteilstromnetz des Hauses geliefert
- Elektrizität, Bezug via Netz:
1 MJ Strom ans Niederspannungsverteilstromnetz des Hauses geliefert

1.3 Systemgrenzen und 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 Fernwärmeversorgungsnetzes sind ebenfalls enthalten, die Energieverluste im Fernwärmenetz sind berücksichtigt.
- Die Brennstoff-Kennwerte basieren auf heute eingesetzter moderner Feuerungstechnik, die Treibstoff-Kennwerte auf dem Durchschnitt der Fahrzeugflotte der Schweiz. 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 Kehrlichtverbrennung) wird in der Energiebilanz wie folgt behandelt:
Die von einer Kehrlichtverbrennungsanlage 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 m² 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 recycelt 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 | Umweltauswirkungen | | | | | | | | | |
|---|---|---|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--|--|---|---------------------------|---------------------------------|-------|-------|
| | | | 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 (LBP 13) | | |
| 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 Brikkett | MJ | 1.19 | 1.18 | 0.01 | 0.01 | - | 0.111 | 0.086 | 126.1 | |
| Biomasse | Stückholz Stückholz mit Partikelfilter Holzschnitzel Holzschnitzel mit Partikelfilter Pellets Pellets mit Partikelfilter Biogas | MJ | 1.06 | 0.03 | 0.02 | 1.01 | - | 0.003 | 0.002 | 18.5 | | |
| | | MJ | 1.06 | 0.03 | 0.03 | 1.01 | - | 0.003 | 0.002 | 17.1 | | |
| | | MJ | 1.14 | 0.03 | 0.03 | 1.08 | - | 0.003 | 0.002 | 19.7 | | |
| | | MJ | 1.15 | 0.03 | 0.03 | 1.08 | - | 0.003 | 0.002 | 17.8 | | |
| | | MJ | 1.21 | 0.12 | 0.08 | 1.02 | - | 0.010 | 0.008 | 22.7 | | |
| | | MJ | 1.22 | 0.12 | 0.08 | 1.02 | - | 0.010 | 0.008 | 21.5 | | |
| | | 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 |
| | 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 | 0.06 | 0.58 | 0.030 | 0.027 | 25.3 | | | |
| Fernwärme, Durchschnitt, KVA-Netze | MJ | 0.71 | 0.38 | 0.07 | 0.01 | 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 erneuerbar [MJ-eq] | Primärenergiefaktor Abwärme / Abfall [MJ-eq] | CO ₂ -Äquivalente [kg CO ₂ -eq] | Kohlendioxid, fossil [kg] | Umweltbelastungspunkte [UBP'13] |
|------------------------|--------------------|--|--------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--|--|---|---------------------------|---------------------------------|
| 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 | m ³ | 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 |
| 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 | Primärenergiefaktoren | | | | | CO ₂ -Äquivalente | | Umweltbelastungspunkte [UEP'13] |
|--|--|----------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--|--|------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| | | | Primärenergiefaktor total [MJ-ec] | Primärenergiefaktor fossil [MJ-ec] | Primärenergiefaktor nuklear [MJ-ec] | Primärenergiefaktor total erneuerbar [MJ-ec] | Primärenergiefaktor Abwärme / Abfall [MJ-ec] | [kg CO ₂ -ec] | Kohlendioxid, fossil [kg] | |
| Kollektoranlage am Gebäudestandort | Cu-Kollektoranlage, EFH, für Warmwasser | m ² | 4955 | 3612 | 743 | 600 | 0.00 | 283 | 250 | 701'448 |
| | Vakuümrohrenkollektor, EFH, für RH und WW | m ² | 3'778 | 2'876 | 517 | 386 | 0.00 | 215 | 196 | 471'153 |
| | Cu-Kollektoranlage, EFH, für RH und WW | m ² | 3'654 | 2'653 | 548 | 453 | 0.00 | 209 | 184 | 476'326 |
| | Cu-Kollektoranlage, MFH, auf Schrägdach, für Warmwasser | m ² | 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/m ² | m ² | 9 | 7 | 1 | 1 | - | 0 | 0 | 1'181 |
| | Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m ² | m ² | 27 | 20 | 4 | 2 | - | 1 | 1 | 3'542 |
| | Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 50 W/m ² | m ² | 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 | m ² | 49 | 36 | 8 | 5 | - | 3 | 2 | 4'830 |
| | Verteilung Bürogebäude | m ² | 116 | 93 | 15 | 8 | - | 7 | 6 | 13'927 |
| | Abgabe über Heizkörper | m ² | 87 | 68 | 13 | 6 | - | 5 | 5 | 10'042 |
| | Abgabe über Fussbodenheizung | m ² | 90 | 72 | 12 | 7 | - | 4 | 3 | 3'505 |
| | Abgabe über Heizkühldecke (ohne Gips- oder Metalldecke) | m ² | 126 | 82 | 23 | 21 | - | 7 | 6 | 40'734 |
| Wärmeverteilung, Luftheizung | m ² | 30 | 26 | 3 | 1 | - | 2 | 1 | 2'904 | |
| Entsorgung | Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m ² | m ² | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 10 |
| | Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m ² | m ² | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 31 |
| | Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 50 W/m ² | m ² | 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 | m ² | 36 | 25 | 6 | 6 | - | 2 | 2 | 2'632 |
| | Entsorgung, Verteilung Bürogebäude | m ² | 77 | 52 | 13 | 12 | - | 5 | 4 | 5'487 |
| | Entsorgung, Abgabe über Heizkörper | m ² | 8 | 5 | 1 | 1 | - | 0 | 0 | 538 |
| | Entsorgung, Abgabe über Fussbodenheizung | m ² | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 2 | 2 | 997 |
| | Entsorgung, Abgabe über Heizkühldecke (ohne Gips- oder Metalldecke) | m ² | 12 | 8 | 2 | 2 | - | 1 | 1 | 879 |
| Entsorgung, Wärmeverteilung, Luftheizung | m ² | 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-ec] | Primärenergiefaktor fossil [MJ-ec] | Primärenergiefaktor nuklear [MJ-ec] | Primärenergiefaktor total erneuerbar [MJ-ec] | Primärenergiefaktor Abwärme / Abfall [MJ-ec] | CO ₂ -Äquivalente [kg CO ₂ -ec] | Kohlendioxid, fossil [kg] | Umweltbelastungspunkte [UEP'13] | |
|--|--|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--|--|---|---------------------------|---------------------------------|--------|
| Lüftungsanlagen | Einzelraumlüfter Fenstermodell 10-30 m3/h, ohne Montage | Stk | 1263 | 692 | 96 | 475 | - | 38 | 33 | 64050 |
| | Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft | m2 | 210 | 166 | 28 | 16 | - | 12 | 11 | 45266 |
| | Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft | m2 | 130 | 103 | 17 | 10 | - | 7 | 6 | 21905 |
| | Abluftanlage Küche und Bad | m2 | 58 | 47 | 7 | 4 | - | 3 | 3 | 13293 |
| | Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen | m2 | 55 | 48 | 6 | 2 | - | 3 | 3 | 3209 |
| | Erdregister kurz zu Lüftungsanlage Büro (0.27 m/m2 EBF) | m2 | 96 | 83 | 10 | 3 | - | 5 | 5 | 5563 |
| | Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m/m2 EBF) | m2 | 239 | 206 | 25 | 8 | - | 13 | 11 | 13907 |
| | Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 1 m3/(h m2) | m2 | 221 | 170 | 33 | 19 | - | 13 | 12 | 32214 |
| | Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 2 m3/(h m2) | m2 | 299 | 230 | 44 | 25 | - | 18 | 16 | 43466 |
| | Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 4 m3/(h m2) | m2 | 454 | 349 | 67 | 38 | - | 27 | 24 | 65970 |
| | Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 6 m3/(h m2) | m2 | 609 | 469 | 90 | 51 | - | 36 | 32 | 88475 |
| | Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 8 m3/(h m2) | m2 | 764 | 588 | 112 | 64 | - | 45 | 40 | 110979 |
| | Entsorgung, Einzelraumlüfter 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 | 1320 |
| | Entsorgung, Erdregister kurz zu Lüftungsanlage Büro (0.27 m/m2 EBF) | m2 | 8 | 7 | 1 | 0 | - | 3 | 3 | 2288 |
| | Entsorgung, Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m/m2 EBF) | m2 | 21 | 16 | 3 | 1 | - | 7 | 7 | 5721 |
| | 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 | 6391 |
| | 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 | 16657 |
| | Büro, aufwändige Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau | m2 | 2 | 2 | 0 | 0 | - | 4 | 4 | 1949 |
| | Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung | m2 | 188 | 150 | 24 | 14 | - | 10 | 9 | 23299 |
| Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau | m2 | 1 | 1 | 0 | 0 | - | 2 | 2 | 832 | |
| Elektroanlagen | Büro, Erstellung | m2 | 692 | 339 | 75 | 278 | - | 23 | 21 | 117285 |
| | Büro, Rückbau | m2 | 3 | 3 | 0 | 0 | - | 1 | 1 | 896 |
| | Wohnen, Erstellung | m2 | 215 | 165 | 32 | 18 | - | 9 | 8 | 45476 |
| | Wohnen, Rückbau | m2 | 3 | 2 | 1 | 0 | - | 3 | 3 | 1819 |

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 Datensätze¹ 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 CO₂-Emissionen werden anhand der Stöchiometrie bestimmt (siehe Tab. 4.3).

Tab. 4.3 Berechnung der CO₂ Emissionen bei der Verbrennung von Butan / Propan

| Name | oberer Heizwert | unterer Heizwert | C-Gehalt: | CO ₂ -Emission: | Annahme Mischung Flüssiggas Schweiz |
|---|-----------------|------------------|-----------|----------------------------|-------------------------------------|
| Propan (C ₃ H ₈) | 50.4 MJ/kg | 46.45 MJ/kg | 81.80% | 64.59 g/MJ | 50% |
| Butan (C ₄ H 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 Partikelfilter | 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 Partikelfilter | 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 Grüngutvergärung² 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 einspeisen³

| 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 |
| Müschwil, 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 eingesetzt⁴ 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 Holz-schnitzel 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 Holz-schnitzel in Feuerungen mit und ohne Partikelfilter; am Eingang Gebäude oder Tank, bezogen auf den unteren Heizwert

| Name | Location | Infrastructure/Process | 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 | StandardDeviation% | GeneralComment |
|--|----------|------------------------|------|--|---|---|--|--|---|-----------------|--------------------|--|
| | | | | CH | CH | CH | CH | CH | CH | | | |
| Location | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| Infrastructure/Process | | | | 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 | (1,2,1,1,1, BU:3); |
| furnace, pellets, 50kW | CH | 1 | unit | 0 | 0 | 1.50E-7 | 1.50E-7 | 0 | 0 | 1 | 3.00 | (1,2,1,1,1, BU:3); |
| furnace, logs, mixed, 30kW | CH | 1 | unit | 2.89E-7 | 2.89E-7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3.00 | (1,2,1,1,1, BU:3); |
| electricity, low voltage, at grid | CH | 0 | kWh | 2.78E-3 | 3.08E-3 | 4.17E-3 | 4.44E-3 | 4.17E-3 | 4.44E-3 | 1 | 1.06 | (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 | (1,2,1,1,1, BU:1.05); |
| wood pellets, us=10%, at storehouse | RER | 0 | m3 | 0 | 0 | 8.21E-5 | 8.21E-5 | 0 | 0 | 1 | 1.06 | (1,2,1,1,1, BU:1.05); |
| wood chips, mixed, us=120%, at forest | RER | 0 | m3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1.06 | (1,2,1,1,1, BU:1.05); |
| wood chips, hardwood, us=80%, at forest | RER | 0 | m3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.47E-4 | 2.47E-4 | 1 | 1.06 | (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 | 2.19E-3 | 2.19E-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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, BU:3); |
| Benz[a]pyrene | - | - | kg | 5.00E-10 | 5.00E-10 | 5.00E-10 | 5.00E-10 | 5.00E-10 | 5.00E-10 | 1 | 3.00 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, BU:5); |
| Carbon dioxide, biogenic | - | - | kg | 9.66E-2 | 9.66E-2 | 9.66E-2 | 9.66E-2 | 1.07E-1 | 1.07E-1 | 1 | 1.06 | (1,2,1,1,1, BU:1.05); |
| Carbon monoxide, biogenic | - | - | kg | 9.97E-5 | 9.97E-5 | 9.80E-5 | 9.80E-5 | 3.71E-5 | 3.71E-5 | 1 | 5.00 | (1,2,1,1,1, BU:5); PrüBerichte |
| Chlorine | - | - | kg | 1.80E-7 | 1.80E-7 | 1.80E-7 | 1.80E-7 | 1.80E-7 | 1.80E-7 | 1 | 1.50 | (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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, BU:1.5); PrüBerichte, scaled from ecoint |
| m-Xylene | - | - | kg | 1.20E-7 | 1.20E-7 | 1.20E-7 | 1.20E-7 | 1.20E-7 | 1.20E-7 | 1 | 1.50 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, BU:1.5); PrüBerichte |
| NM, VOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin | - | - | kg | 1.92E-6 | 1.92E-6 | 8.97E-7 | 8.97E-7 | 6.53E-7 | 6.53E-7 | 1 | 1.50 | (1,2,1,1,1, BU:1.5); PrüBerichte, scaled from ecoint |
| 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, BU:3); PrüBerichte |
| Phenol, pentachloro- | - | - | kg | 8.10E-12 | 8.10E-12 | 8.10E-12 | 8.10E-12 | 8.10E-12 | 8.10E-12 | 1 | 1.50 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, 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 | (1,2,1,1,1, BU:1.5); |

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 | InfrastructureProcesses | Unit | biogas, burned in boiler condensing modulating <100kW | biogas, burned in boiler condensing modulating <100kW (Proj. 210) | uncertaintyType | StandardDeviation95% | GeneralComment | |
|---------------------------------------|---|----------|-------------------------|------|---|---|-----------------|----------------------|---|-----------------------------|
| | | | | | RER | RER | | | | |
| | | | | | 0 | 0 | | | | |
| | | | | | 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 | InfrastructureProcesses | Unit | heat, biogas, at boiler condensing modulating <100kW | uncertaintyType | StandardDeviation95% | GeneralComment |
|--|---|----------|-------------------------|------|--|-----------------|----------------------|---|
| | | | | | RER | | | |
| | | | | | 0 | | | |
| | | | | | 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 | Lokali- tät |
|-----------------------|---|----------------|
| 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 | Infrastructure | P | Unit | fuel in transport, lorry 3.5-20t, fleet average (proj. 210) | UncertaintyType | StandardDeviation95% | GeneralComment |
|----------------------------------|---|----------|----------------|---|------|---|-----------------|----------------------|---|
| | Location InfrastructureProcess Unit | | | | | CH 0 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 | Infrastructure | P | Unit | fuel in building machine, excavation hydraulic digger | UncertaintyType | StandardDeviation95% | GeneralComment |
|---|---|----------|----------------|---|------|---|-----------------|----------------------|---|
| | Location InfrastructureProcess Unit | | | | | CH 0 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 | Infrastructure | P | Unit | fuel in transport, passenger car, diesel, fleet average (proj. 210) | UncertaintyType | StandardDeviation95% | GeneralComment |
|----------------------------------|---|----------|----------------|---|------|---|-----------------|----------------------|---|
| | Location InfrastructureProcess Unit | | | | | CH 0 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 InfrastructureProcess Unit | Location | InfrastructureP | Unit | fuel in transport, passenger car, petrol, fleet average (proj. 210) | UncertaintyType | StandardDevia tion95% | GeneralComment |
|----------------------------------|---|--------------|-----------------|------------|---|-----------------|--------------------------|---|
| | | | | | CH | | | |
| 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 InfrastructureProcess Unit | Location | InfrastructureP | Unit | fuel in transport, passenger car, natural gas (proj. 210) | UncertaintyType | StandardDevia tion95% | GeneralComment |
|----------------------------------|---|-------------|-----------------|----------------|--|-----------------|--------------------------|---|
| | | | | | CH | | | |
| 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 InfrastructureProcess Unit | Location | InfrastructureP | Unit | fuel in transport, passenger car, methane, 96 vol- %, from biogas (proj. 210) | UncertaintyType | StandardDevia tion95% | GeneralComment |
|----------------------------------|--|--------------|-----------------|------------|---|-----------------|--------------------------|---|
| | | | | | CH | | | |
| 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) | UncertaintyType | 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 andererseits. 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"; H₀: oberer Heizwert

| Energieträger | Input Brennstoff | H ₀ 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 |
| Blockheizkraftwerk 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 | |
|--------------------|---|----------|-----------------------|------|---|-----------------|----------------------|--|--|-------|---|-------|
| | | | | | | | | | CH | MJ | CH | kWh |
| | Location | | | | CH | | | | | | | |
| | InfrastructureProcess | | | | 0 | | | | 0 | | 0 | |
| | Unit | | | | MJ | | | | MJ | | kWh | |
| allocated products | heat, at cogen with biogas engine, methane 96%-vol allocation exergy | CH | 0 | MJ | 5.50E-1 | | | | | 100 | | 0 |
| | electricity, at cogen with biogas engine, methane 96%-vol allocation exergy | CH | 0 | kWh | 9.17E-2 | | | | | 0 | | 100 |
| technosphere | 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 on lower heating value of biogas | | 22.6 | | 77.4 |
| | 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 approximation | | 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 approximation | | 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 approximation | | 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 approximation | | 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 |
| | NMVOOC, 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 approximation | | 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 approximation | | 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 approximation | | 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 approximation | | 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 InfrastructureProcess Unit | | | | CH 1 MJ | |
| product | transport, district heat, large area network, for warm water | CH | 1 | MJ | 1 | |
| techosphere | 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 |

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), $KEA_{tot} \text{ Geothermie} * KEA_f \text{ Wind} / KEA_{tot} \text{ Wind}$ |
| KEA nuklear | 0.04 MJ Öl-eq. | Spahr (1999), $KEA_{tot} \text{ Geothermie} * KEA_n \text{ Wind} / KEA_{tot} \text{ Wind}$ |
| KEA erneuerbar | 1.13 MJ Öl-eq. | Spahr (1999), $KEA_{tot} \text{ Geothermie} * KEA_e \text{ Wind} / KEA_{tot} \text{ Wind}$ |
| Umweltbelastungspunkte | 38 UBP'13 | UBP Wind * $KEA_{ne} \text{ Geothermie} / KEA_{ne} \text{ Wind}$ |
| CO ₂ -Äquivalente | 0.0114 kg CO ₂ -eq | Pehnt (2006) |
| Kohlendioxid, fossil | 0.0105 kg | Pehnt (2006), $(CO_2 \text{ Wind} / GWP \text{ Wind}) * GWP \text{ Geothermie}$ |

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 ausgewiesenen 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 | Uncertainty/Type | StandardDeviation% | GeneralComment |
|----------------------------|---|----------|------------------|------|---|---|--|------------------|--------------------|---|
| | | | | | CH | CH | CH | | | |
| | 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% |
| <i>Laufwasserkraft</i> | 12'710.0 | 19.115% | 11.774% | 33.468% | 9.495% |
| <i>Speicherwasserkraft</i> | 19'701.0 | 29.628% | 17.141% | 55.365% | 13.125% |
| <i>Kleinwasserkraft</i> | 3'400.0 | 5.113% | 3.150% | 8.953% | 2.540% |
| <i>Pumpspeicherkraft</i> | 1'325.0 | 1.993% | 0.000% | 0.000% | 0.000% |
| Andere erneuerbare Energien | 914.0 | 1.375% | 0.669% | 1.833% | 0.547% |
| <i>Sonne</i> | 114.5 | 0.172% | 0.084% | 0.655% | 0.024% |
| <i>Wind</i> | 57.8 | 0.087% | 0.042% | 0.445% | 0.000% |
| <i>Holz</i> | 515.2 | 0.775% | 0.377% | 0.509% | 0.363% |
| <i>Biogas Landwirtschaft</i> | 125.0 | 0.188% | 0.091% | 0.123% | 0.088% |
| <i>Biogas Industrie</i> | 101.6 | 0.153% | 0.074% | 0.100% | 0.072% |
| <i>Geothermie</i> | 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% |
| <i>Druckwasserreaktor</i> | 13'780.0 | 20.724% | 16.712% | 0.000% | 18.466% |
| <i>Siedewasserreaktor</i> | 12'339.0 | 18.557% | 14.965% | 0.000% | 16.535% |
| Fossile Energieträger | 359.0 | 0.540% | 0.263% | 0.000% | 0.290% |
| <i>Erdöl</i> | 74.3 | 0.112% | 0.054% | 0.000% | 0.060% |
| <i>Erdgas</i> | 280.5 | 0.422% | 0.205% | 0.000% | 0.227% |
| <i>Kohle</i> | 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% |
| <i>Laufwasserkraft</i> | 0.0 | 0.000% | 4.376% | 0.000% | 4.835% |
| <i>Speicherwasserkraft</i> | 0.0 | 0.000% | 0.834% | 0.000% | 0.921% |
| <i>Kleinwasserkraft</i> | 0.0 | 0.000% | 0.000% | 0.000% | 0.000% |
| Andere erneuerbare Energien | 0.0 | 0.000% | 0.151% | 0.381% | 0.127% |
| <i>Sonne</i> | 0.0 | 0.000% | 0.006% | 0.000% | 0.007% |
| <i>Wind</i> | 0.0 | 0.000% | 0.127% | 0.381% | 0.101% |
| <i>Holz</i> | 0.0 | 0.000% | 0.012% | 0.000% | 0.013% |
| <i>Biogas Landwirtschaft</i> | 0.0 | 0.000% | 0.003% | 0.000% | 0.003% |
| <i>Biogas Industrie</i> | 0.0 | 0.000% | 0.002% | 0.000% | 0.003% |
| <i>Geothermie</i> | 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% |
| <i>Druckwasserreaktor</i> | 0.0 | 0.000% | 11.097% | 0.000% | 12.262% |
| <i>Siedewasserreaktor</i> | 0.0 | 0.000% | 0.000% | 0.000% | 0.000% |
| Fossile Energieträger | 0.0 | 0.000% | 1.438% | 0.000% | 1.589% |
| <i>Erdöl</i> | 0.0 | 0.000% | 0.022% | 0.000% | 0.024% |
| <i>Erdgas</i> | 0.0 | 0.000% | 1.335% | 0.000% | 1.475% |
| <i>Kohle</i> | 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 |
| Holzsplitzel | für dieses Projekt erstellter Datensatz basierend auf : „Heat, Wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW“ | CH |
| Holzsplitzel 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 Wärmepumpe 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 Anlagentypen 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 desecoinvent Datensatzes | Lokali- tät |
|--|---|----------------|
| 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 m² 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 Wärmepumpe 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 |
|---|----------------|---|-----------|
| Einzelraumlüfter 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 ² /m ² EBF) | m ² | Datensatz basierend auf :Primas (2008) | CH |
| Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m ² /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 et 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 Pumpspeicherung) | 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 Verbraucherstrommix der Schweiz des Jahres 2009 gemäss Itten et al. (2014). Der Button „Zurücksetzen“ fügt die Anteile gemäss diesem Verbraucherstrommix 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%).

[zurück zur treeze Website](#)

© treeze 2014

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 Öl | 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

Umweltauswirkungen

| 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 |
| CO ₂ -Äquivalente | 0.030 kg CO ₂ -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

[zurück zur treeze Website](#)

© treeze 2014

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:

Jahresarbeitszahl (JAZ):

Anlagenspezifische Jahresarbeitszahl:

Strommix:

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 |
| CO ₂ -Äquivalente | 0.0211 | kg CO ₂ -eq/MJ Wärme | 0.212 | kg CO ₂ -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 % |
|------------------------------------|---------------|
| Vasserkraft (ohne Pumpspeicherung) | 24.44% |
| Vasserkraft Pumpspeicherung | 0.00% |
| Fotovoltaik | 0.02% |
| Windenergie | 0.00% |
| Biomasse (Holz) | 0.35% |
| Biogas | 0.16% |
| Geothermie | 0.00% |
| Kernenergie | 34.00% |
| Diesel BHKV | 0.06% |
| Erdgas BHKV | 0.22% |
| Steinkohle (Dampfturbine) | 0.00% |
| Kehtichverbrennung | 1.54% |
| Total Produktion Inland | 60.79% |

| Produktion Ausland | Anteil in % |
|--|----------------|
| Vasserkraft (ohne Pumpspeicherung) | 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% |
| Kehtichverbrennung | 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:

Strommix:

Typ Wärmepumpe:

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., Hirschier 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 Wärmanlagen; 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 Öl | 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, 6400kWh, emission control/MJ/CH U |
| 42.004 | Heizkraftwerk Holz | district heat, from wood in cogen 6400kWh, 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 Netze CH | district heat, average MSW 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-Verbraucher | 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 |
| | Vakuümrohrenkollektor, 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 | Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m2 |
| 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 | | Einzelraumlüfter Fenstermodell 10-30 m3/h, ohne Montage |
| | Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft | 32.001 ventilation system, average for apartment buildings, steel ducts, without GHE/CH U |
| | Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft | 32.002 ventilation system, average for apartment buildings, PE ducts, without GHE/CH U |
| | Abluftanlage Küche und Bad | 32.003 exhaust air system for kitchen and bathroom in apartment buildings/CH U |
| | Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen | 32.004 ground heat exchanger for apartment 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, Einzelraumlüfter Fenstermodell 10-30 m3/h, ohne Montage | 92.020 disposal, single room ventilator with heat recovery window frame model/CH U |
| | Entsorgung, Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft | 92.021 disposal, ventilation system for apartment buildings, steel ducts, without GHE/CH U |
| | Entsorgung, Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft | 92.022 disposal, ventilation system for apartment buildings, PE ducts, without GHE/CH U |
| Entsorgung, Abluftanlage Küche und Bad | 92.023 disposal, exhaust air system for kitchen and bathroom in apartment buildings/CH U | |
| Entsorgung, Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen | 92.024 disposal, ground heat exchanger for apartment 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, long: 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, residential building, construction/m2/CH/I U |
| Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau | 92.003 EKG I, sanitary facilities, residential 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, residential building, construction/m2/CH/I U |
| | Wohnen, Rückbau | 92.004 EKG I, electrical system, residential building, deconstruction/m2/CH/I U |