
Umweltkennwerte und Primärenergiefaktoren von Energiesystemen

UVEK Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022, Stand 2022

Autorinnen

Livia Ramseier, Rolf Frischknecht

Kunden

Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB, Bundesamt für Umwelt BAFU, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich AHB

Impressum

Titel	Umweltkennwerte und Primärenergiefaktoren von Energiesystemen
Autorinnen	Livia Ramseier, 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
Kunden	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB, Bundesamt für Umwelt BAFU, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich AHB
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	KBOB_BAFU_AHB_2022_Energiesysteme_v1.0.docx, 09.03.2022

Abkürzungsverzeichnis

AEW	Ausgang Energiewandler
CH	Schweiz
CO ₂	Kohlendioxid
EBF	Energiebezugsfläche
EFH	Einfamilienhaus
EGoT	Eingang Gebäude oder Tank
EL	Extra leicht (meist Heizöl EL)
ENTSO-E	Verband Europäischer Netzbetreiber zur Stromübertragung (engl. European Network of Transmission System Operators for Electricity)
EWP	Elektrowärmepumpe
GLO	Globaler Durchschnitt
GuD	Gas und Dampf
GWP	Treibhauspotenzial (engl. global warming potential)
JAZ	Jahresarbeitszahl
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
kWh	Kilowattstunde
kWp	Kilowatt-Peak (Spitzenleistung von Fotovoltaikanlagen)
MFH	Mehrfamilienhaus
MJ	Megajoule
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
NMVOC	Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe (engl. non-methane volatile organic compounds)
PE	Primärenergie
PEF	Primärenergiefaktor
RER	Europe (Regionsbezeichnung in ecoinvent)
RH	Raumheizung
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
THG	Treibhausgas
tkm	Tonnenkilometer (Einheit für Transportdienstleistungen)
UBP	Umweltbelastungspunkte
WW	Warmwasser

Inhalt

1	EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	1
1.1	Übersicht	1
1.2	Umweltindikatoren	1
1.3	Bezugsgrösse	1
1.4	Systemgrenzen und Modellierungsgrundsätze	2
2	RESULTATTABELLEN	4
3	AKTUALISIERUNGEN DER HINTERGRUNDDATEN	10
4	SACHBILANZEN ENERGIE AM EINGANG GEBÄUDE ODER TANK	13
4.1	Brennstoffe fossil	13
4.1.1	Übersicht	13
4.1.2	Heizöl EL	13
4.1.3	Propan / Butan	14
4.1.4	Kohle Koks und Kohle Brikett	14
4.2	Brennstoffe Biomasse	15
4.2.1	Übersicht	15
4.2.2	Holzfeuerungen	15
4.2.3	Biomethan	16
4.2.4	Biogasfeuerung	16
4.3	Treibstoffe fossil und Biomasse	16
4.3.1	Übersicht	16
4.3.2	Treibstoffbereitstellung	17
4.3.3	Treibstoffnutzung	17
4.4	Fernwärme	20
4.4.1	Übersicht	20
4.5	Elektrizität	22
4.5.1	Übersicht	22
4.5.2	Geothermie	23
4.5.3	Verluste der verschiedenen Spannungsebenen	24

4.5.4	Schweizer Strommix	25
5	SACHBILANZEN ENERGIE AM AUSGANG ENERGIEWANDLER	29
5.1	Brenn- und Treibstoffe	29
5.2	Wärme am Gebäudestandort	30
5.3	Elektrizitätserzeugung am Gebäudestandort	31
6	SACHBILANZEN KOLLEKTOR- UND FOTOVOLTAIKANLAGEN	33
6.1	Kollektoranlagen	33
6.2	Fotovoltaikanlagen	33
7	SACHBILANZEN HEIZUNGS-, LÜFTUNGS-, SANITÄR- UND ELEKTROANLAGEN	36
7.1	Heizungsanlagen	36
7.2	Lüftungsanlagen	37
7.3	Sanitäranlagen	37
7.4	Elektroanlagen	38
8	LITERATUR	39
A	ANHANG: VERWENDETE DATENSÄTZE	42

1 Einleitung und Fragestellung

1.1 Übersicht

Für die Umsetzung der 2000W-Gesellschaft in der Schweiz, in Kantonen, Regionen, Gemeinden und Städten, für den 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 2021 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 in Tab. 2.1 bis Tab. 2.4. Es handelt sich um eine weitere Aktualisierung der 2008 erstmals publizierten Liste.

In den nachfolgenden Abschnitten dieses Kapitels wird auf die Bezugsgrössen, die Systemgrenzen und die Modellierungsgrundsätze eingegangen. Das Kapitel 2 enthält die Resultattabellen mit den aktualisierten Umweltkennwerten und Primärenergiefaktoren von Energiesystemen. 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. Die Kapitel 6 und 7 enthalten eine Beschreibung der verwendeten Sachbilanzdaten der Herstellung von Sonnenkollektoren und Solarpanels (pro m² beziehungsweise pro kWp) und der Heizungs-, Lüftungs-, Sanitär und Elektroanlagen.

1.2 Umweltindikatoren

Die folgenden Indikatoren werden zur Beurteilung der Umweltbelastung herangezogen:

- Gesamtumweltbelastung (UBP, Ökofaktoren Schweiz 2021 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit, Frischknecht et al. 2021)
- Primärenergiebedarf, unterschieden in erneuerbare und nicht erneuerbare Energieträger (kWh Öl-eq, Frischknecht et al. 2015)
- Treibhausgasemissionen (kg CO₂-eq, IPCC 2013)

1.3 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

1.4 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 (z.B. 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 sowie die Energieverluste im Fernwärmenetz sind ebenfalls 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 Gesamtweltbelastung (Ökofaktoren 2021 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit).
- 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 Primärenergiefaktors „Abwärme / Abfall“ verbucht. Wärme und Strom aus Biogas werden analog behandelt, da das Biogas aus biogenen Abfällen beziehungsweise Gülle gewonnen wird. Der Primärenergiebedarf „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, Siliziumzellen, Panel, Wechselrichter, Verkabelung sowie Unterkonstruktion 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, Frischknecht et al. 2020a). Entsprechend ist die Rücknahme und Verwertung der Solarpanels berücksichtigt.

2 Resultattabellen

Tab. 2.1 und Tab. 2.2 zeigen die Umweltauswirkungen von Energiesystemen am Eingang Gebäude oder Tank (EGoT, Tab. 2.1) beziehungsweise am Ausgang Energiewandler (AEW, Tab. 2.2). Die Primärenergiefaktoren und Umweltauswirkungen von installierten Sonnenkollektoren und Fotovoltaikanlagen sind in Tab. 2.3, diejenigen von Heizsystemen in Tab. 2.4 aufgeführt. Tab. 2.5 enthält die Umweltauswirkungen der Erstellung und Entsorgung von Lüftungs-, Sanitär- und Elektroanlagen.

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.

Eingang Gebäude / Tank

Kategorie	Technologie	Bezugsgrösse	Primärenergiefaktor total	Primärenergiefaktor fossil	Primärenergiefaktor nuklear	Primärenergiefaktor total erneuerbar	Primärenergiefaktor Abwärme / Abfall	CO ₂ -Äquivalente	Kohlendioxid, fossil	Umweltbelastungspunkte		
			[MJ-eq]	[MJ-eq]	[MJ-eq]	[MJ-eq]	[MJ-eq]	[kg CO ₂ -eq]	[kg]	[LBP/2]		
Brennstoffe	fossil	Heizöl EL	MJ	1.27	1.21	0.04	0.01	-	0.090	0.083	113.7	
		Erdgas	MJ	1.05	1.04	0.00	0.00	-	0.064	0.057	76.2	
		Propan/Butan	MJ	1.22	1.20	0.02	0.01	-	0.081	0.075	102.2	
		Kohle Koks	MJ	1.45	1.41	0.02	0.01	-	0.121	0.101	165.8	
		Kohle Briquet	MJ	1.18	1.16	0.01	0.01	-	0.110	0.086	201.6	
Biomasse	Biomasse	Stückholz	MJ	1.05	0.04	0.01	1.01	-	0.006	0.003	48.7	
		Stückholz mit Partikelfilter	MJ	1.05	0.04	0.01	1.01	-	0.006	0.003	48.7	
		Holzschnitzel	MJ	1.06	0.03	0.00	1.03	-	0.003	0.002	32.0	
		Holzschnitzel mit Partikelfilter	MJ	1.06	0.03	0.00	1.03	-	0.003	0.002	32.0	
		Pellets	MJ	1.18	0.10	0.03	1.05	-	0.008	0.006	30.7	
		Pellets mit Partikelfilter	MJ	1.18	0.10	0.03	1.05	-	0.008	0.006	30.7	
		Biogas	MJ	0.32	0.21	0.08	0.03	-	0.035	0.012	43.1	
Treibstoffe	fossil	Diesel in Lastwagen	MJ	1.24	1.17	0.02	0.05	-	0.089	0.080	157.1	
		Diesel in Baumaschine	MJ	1.24	1.21	0.02	0.01	-	0.090	0.082	142.6	
		Diesel in Personenvan	MJ	1.20	1.18	0.02	0.01	-	0.091	0.081	135.4	
		Benzin in Personenvan	MJ	1.28	1.23	0.03	0.02	-	0.094	0.084	132.7	
		Erdgas in Personenvan	MJ	1.13	1.09	0.03	0.01	-	0.066	0.060	90.6	
		Strom CH-Verbraucher in Personenvan	MJ	2.64	0.39	1.69	0.56	-	0.044	0.031	174.5	
		Mix Stromprodukte aus erneuerbaren Energien in Personenvan	MJ	1.19	0.03	0.01	1.16	-	0.013	0.003	54.6	
		Benzin in Scooter	MJ	1.28	1.23	0.03	0.02	-	0.110	0.084	226.0	
		Kerosin in Flugzeug	MJ	1.23	1.21	0.02	0.01	-	0.185	0.082	215.5	
		Biomasse	Biogas in Personenvan	MJ	0.36	0.22	0.10	0.04	1.00	0.032	0.013	52.3
		Wärme	Fernwärme	Atomkraftwerk	MJ	0.07	0.01	0.05	0.01	1.11	0.001	0.001
Heizzentrale Öl	MJ			1.58	1.50	0.06	0.02	-	0.112	0.103	141.36	
Heizzentrale Gas	MJ			1.41	1.36	0.04	0.01	-	0.084	0.074	101.46	
Heizzentrale Holz	MJ			1.61	0.07	0.07	1.46	-	0.007	0.005	45.81	
Heizkraftwerk Holz	MJ			1.31	0.07	0.04	1.19	-	0.006	0.005	23.01	
Heizzentrale EWP Erdsonde (JAZ 3.1)	MJ			1.16	0.19	0.64	0.33	-	0.018	0.014	62.42	
Heizzentrale EWP Abwasser (JAZ 3.4)	MJ			0.87	0.14	0.55	0.18	0.78	0.013	0.011	48.75	
Heizzentrale EWP Grundwasser (JAZ 3.1)	MJ			1.12	0.15	0.64	0.33	-	0.016	0.012	57.82	
Heizzentrale Geothermie	MJ			1.41	0.10	0.05	1.26	-	0.006	0.005	24.60	
Heizkraftwerk Geothermie	MJ			0.54	0.07	0.04	0.43	0.74	0.004	0.004	17.56	
Kehrichtverbrennung	MJ			0.05	0.01	0.03	0.01	1.11	0.001	0.001	3.16	
Blockheizkraftwerk Diesel	MJ			0.55	0.49	0.04	0.01	0.72	0.036	0.034	51.23	
Blockheizkraftwerk Gas	MJ			0.51	0.46	0.03	0.01	0.68	0.029	0.025	37.29	
Blockheizkraftwerk Biogas	MJ			0.19	0.11	0.07	0.02	1.11	0.017	0.006	23.16	
Fernwärme, Durchschnitt, CH	MJ			0.83	0.27	0.06	0.49	0.40	0.019	0.016	34.95	
Fernwärme, Durchschnitt, KVA-Netze	MJ			0.83	0.27	0.06	0.49	0.40	0.019	0.016	34.95	
Elektrizität	Bezug via Netz			Atomkraftwerk	MJ	4.21	0.06	4.14	0.01	-	0.007	0.005
		Erdgaskombikraftwerk GuD	MJ	2.23	2.22	0.01	0.01	-	0.133	0.121	172.7	
		Erdgaskraftwerk	MJ	3.38	3.35	0.02	0.01	-	0.206	0.187	262.5	
		Braunkohlekraftwerk (Dampf)	MJ	3.94	3.90	0.03	0.01	-	0.377	0.371	448.6	
		Steinkohlekraftwerk (Dampf)	MJ	3.91	3.83	0.04	0.04	-	0.342	0.296	424.0	
		Kraftwerk Schweröl	MJ	3.75	3.67	0.06	0.02	-	0.298	0.274	436.2	
		Kehrichtverbrennung	MJ	0.02	0.01	0.00	0.00	1.11	0.002	0.001	15.4	
		Heizkraftwerk Holz	MJ	2.06	0.12	0.01	1.93	-	0.010	0.008	47.8	
		Blockheizkraftwerk Diesel	MJ	3.24	3.17	0.05	0.02	-	0.233	0.214	328.6	
		Blockheizkraftwerk Gas	MJ	2.84	2.82	0.01	0.01	-	0.180	0.154	229.6	
		Blockheizkraftwerk Biogas	MJ	0.90	0.61	0.21	0.08	1.11	0.101	0.036	141.8	
		Fotovoltaik	MJ	1.36	0.13	0.03	1.20	-	0.013	0.011	42.0	
		Fotovoltaik Schrägdach	MJ	1.40	0.16	0.04	1.21	-	0.015	0.012	49.0	
		Fotovoltaik Flachdach	MJ	1.38	0.15	0.03	1.20	-	0.015	0.012	44.8	
		Fotovoltaik Fassade	MJ	1.46	0.20	0.05	1.21	-	0.020	0.017	61.3	
		Photovoltaik Schrägdach Mono-Si	MJ	1.39	0.15	0.03	1.20	-	0.015	0.012	49.3	
		Photovoltaik Schrägdach Multi-Si	MJ	1.39	0.15	0.04	1.21	-	0.015	0.012	49.8	
		Photovoltaik Schrägdach CdTe	MJ	1.33	0.11	0.03	1.20	-	0.010	0.009	39.9	
		Photovoltaik Schrägdach CIS	MJ	1.39	0.15	0.04	1.20	-	0.013	0.011	45.7	
		Windkraft	MJ	1.29	0.07	0.01	1.20	-	0.008	0.006	30.7	
		Wasserkraft	MJ	1.19	0.02	0.01	1.17	-	0.003	0.002	21.4	
		Pumpspeicherung	MJ	3.43	0.51	2.20	0.72	-	0.047	0.041	185.0	
		Heizkraftwerk Geothermie	MJ	3.36	0.16	0.03	3.17	-	0.009	0.008	39.7	
		CH-Verbraucher	MJ	2.64	0.39	1.69	0.56	0.05	0.035	0.031	142.6	
		CH-Produktionsmix	MJ	2.36	0.09	1.59	0.68	-	0.009	0.007	91.3	
		Mix Stromprodukte aus erneuerbaren Energien	MJ	1.19	0.03	0.01	1.16	0.01	0.004	0.003	22.7	
		CH-Lieferantenmix HKN	MJ	1.98	0.17	0.91	0.90	-	0.015	0.013	73.6	
		ENTSO-E-Mix	MJ	3.14	1.79	1.08	0.28	-	0.145	0.134	259.7	

Bezugsgrösse: Brenn- und Treibstoffe: oberer Heizwert; Fernwärme und Elektrizität: in Gebäude gelieferte Energie
 Datenquelle: UVEK DQRv2:2022 Ökobilanzdatenbestand und eigene Berechnungen
 © treeze Ltd. 2012-2022

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 Betriebsmissionen des im Gebäude liegenden Energiewandlers beziehungsweise des Transportmittels.

Ausgang Energiewandler

Kategorie	Technologie	Bezugsgrösse	Umweltauswirkungen										
			Primärenergiefaktor total [MJ-eq]	Primärenergiefaktor fossil [MJ-eq]	Primärenergiefaktor nukleare [MJ-eq]	Primärenergiefaktor total erneuerbar [MJ-eq]	Primärenergiefaktor Abwärmee / Abfall [MJ-eq]	CO ₂ -Äquivalente [kg-CO ₂ -eq]	Kohlendioxid, fossil [kg]	Umweltbelastungspunkte [BP-ZT]			
Brennstoffe	fossil	Wärme Elektrospeicherofen (Strom CH)	MJ	2.65	0.40	1.69	0.56	-	0.035	0.031	144.2		
		Wärme Elektrospeicherofen (Strom CH zertifiziert)	MJ	1.20	0.03	0.01	1.16	-	0.005	0.003	24.2		
		Wärme Heizöl EL	MJ	1.32	1.28	0.03	0.01	-	0.095	0.088	121.6		
		Wärme Erdgas	MJ	1.07	1.06	0.00	0.00	-	0.065	0.058	77.6		
		Wärme Propan/Butan	MJ	1.20	1.18	0.02	0.01	-	0.080	0.074	101.2		
		Wärme Kohle Koks	MJ	2.01	1.96	0.04	0.02	-	0.179	0.150	246.1		
		Wärme Kohle Brikkett	MJ	1.51	1.47	0.02	0.01	-	0.163	0.127	298.6		
	Biomasse	Wärme Stückholz	MJ	1.41	0.06	0.01	1.35	-	0.009	0.004	66.3		
		Wärme Stückholz mit Partikelfilter	MJ	1.41	0.06	0.01	1.35	-	0.009	0.004	66.3		
		Wärme Holzschnitzel	MJ	1.38	0.05	0.01	1.33	-	0.006	0.004	45.6		
		Wärme Holzschnitzel mit Partikelfilter	MJ	1.38	0.05	0.01	1.33	-	0.006	0.004	45.6		
		Wärme Pellets	MJ	1.44	0.12	0.04	1.28	-	0.011	0.009	39.6		
		Wärme Pellets mit Partikelfilter	MJ	1.44	0.12	0.04	1.28	-	0.011	0.009	39.6		
		Wärme Biogas	MJ	0.33	0.22	0.08	0.03	1.11	0.035	0.013	44.1		
Treibstoffe	fossil	Transport Diesel Lastwagen	tkm	2.28	2.05	0.12	0.10	-	0.144	0.129	266.0		
		Aushub mit Baumaschine	m3	5.99	5.75	0.18	0.07	-	0.438	0.400	700.4		
		Transport Diesel Personenwagen	pkm	3.00	2.47	0.38	0.15	-	0.192	0.171	332.8		
		Transport Benzin Personenwagen	pkm	3.49	2.91	0.40	0.18	-	0.225	0.201	364.8		
		Transport Erdgas Personenwagen	pkm	3.23	2.73	0.37	0.13	-	0.168	0.152	265.9		
		Personenwagen, elektrisch, Strom CH-Verbrauchermix	pkm	2.69	1.11	1.20	0.39	-	0.093	0.079	255.6		
		Personenwagen, elektrisch, Mix Stromprodukte aus erneue	pkm	2.04	0.94	0.44	0.66	-	0.079	0.066	202.0		
		Transport Scooter	pkm	1.56	1.47	0.05	0.04	-	0.127	0.099	256.5		
		Flugzeug, Durchschnitt	pkm	1.93	1.88	0.04	0.01	-	0.283	0.128	332.1		
		Flugzeug, Kurzstrecke	pkm	2.96	2.84	0.09	0.03	-	0.350	0.194	426.6		
		Flugzeug, Mittelstrecke	pkm	1.70	1.65	0.04	0.01	-	0.259	0.112	302.1		
		Flugzeug, Langstrecke	pkm	1.60	1.57	0.03	0.01	-	0.263	0.107	303.3		
			Biomasse	Transport Biogas Personenwagen	pkm	1.68	0.97	0.53	0.18	3.39	0.103	0.058	193.5
		Wärme	am Gebäudestandort	Klein-Blockheizkraftwerk, Erdgas	MJ	0.47	0.47	0.00	0.00	0.56	0.030	0.025	36.5
Flachkollektor Warmwasser EFH	MJ			1.57	0.13	0.11	1.33	-	0.012	0.011	33.7		
Flachkollektor WW und RH EFH	MJ			1.81	0.12	0.08	1.61	-	0.011	0.009	30.6		
Flachkollektor Warmwasser MFH	MJ			1.22	0.05	0.03	1.15	-	0.004	0.004	13.9		
Röhrenkollektor WW und RH EFH	MJ			1.71	0.11	0.07	1.54	-	0.010	0.009	26.0		
Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Altbau, JAZ 2.7, Strom CH)	MJ			1.62	0.15	0.63	0.84	-	0.016	0.012	59.5		
Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Altbau, JAZ 2.7, Strom CH zertifiziert)	MJ			1.08	0.02	0.01	1.06	-	0.005	0.002	15.1		
Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Neubau, JAZ 4.4, Strom CH)	MJ			1.39	0.10	0.39	0.90	-	0.011	0.008	39.5		
Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Neubau, JAZ 4.4, Strom CH zertifiziert)	MJ			1.06	0.02	0.00	1.04	-	0.004	0.001	12.3		
Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH)	MJ			1.55	0.16	0.53	0.86	-	0.015	0.012	54.1		
Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH zertifiziert)	MJ			1.10	0.04	0.01	1.05	-	0.006	0.003	16.6		
Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH)	MJ			1.35	0.11	0.32	0.92	-	0.011	0.008	36.8		
Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH zertifiziert)	MJ			1.08	0.04	0.01	1.03	-	0.005	0.003	14.2		
Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH)	MJ			1.58	0.13	0.53	0.92	-	0.013	0.010	50.4		
Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH zertifiziert)	MJ			1.13	0.02	0.00	1.11	-	0.004	0.002	12.9		
Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH)	MJ			1.32	0.08	0.32	0.92	-	0.009	0.007	32.9		
Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH zertifiziert)	MJ			1.05	0.01	0.00	1.03	-	0.003	0.001	10.3		
Solarthermieanlage Schrägdach mit Erdsondenregeneration	MJ			1.20	0.05	0.01	1.14	-	0.004	0.003	10.9		
Solarthermieanlage Schrägdach mit Warmwasserspeicher	MJ			1.21	0.05	0.01	1.14	-	0.005	0.004	12.6		
Elektrizität	am Gebäudestandort	Klein-Blockheizkraftwerk, Erdgas	MJ	3.39	3.35	0.02	0.01	-	0.213	0.183	261.9		
		Kleinblockheizkraftwerk, Biogas	MJ	1.09	0.75	0.25	0.09	1.00	0.120	0.044	158.1		
		Fotovoltaik	MJ	1.22	0.11	0.02	1.09	-	0.010	0.009	24.1		
		Fotovoltaik Schrägdach	MJ	1.25	0.13	0.03	1.09	-	0.012	0.010	30.4		
		Fotovoltaik Flachdach	MJ	1.24	0.12	0.02	1.09	-	0.012	0.010	26.7		
		Fotovoltaik Fassade	MJ	1.31	0.17	0.04	1.09	-	0.016	0.014	41.4		
		Photovoltaik Schrägdach Mono-Si	MJ	1.25	0.13	0.03	1.09	-	0.012	0.010	30.7		
		Photovoltaik Schrägdach Multi-Si	MJ	1.25	0.13	0.03	1.09	-	0.012	0.010	31.2		
		Photovoltaik Schrägdach CdTe	MJ	1.20	0.09	0.02	1.08	-	0.008	0.007	22.2		
		Photovoltaik Schrägdach CIS	MJ	1.25	0.12	0.04	1.09	-	0.010	0.009	27.4		
		Photovoltaik Mono-Si in Hybridkollektor	MJ	1.26	0.14	0.03	1.09	-	0.014	0.012	30.9		
		Windkraft	MJ	1.15	0.06	0.01	1.09	-	0.005	0.005	13.8		
		Biogas	MJ	0.80	0.54	0.19	0.07	1.00	0.090	0.031	114.2		
		Biogas, Landwirtschaft	MJ	0.14	0.06	0.04	0.03	1.00	0.043	0.005	64.6		

Bezugsgrösse: Brennstoffe: Nutzenergie; Treibstoffe: Transportdienstleistung beziehungsweise Aushubvolumen
 Datenquelle: UVEK DQRv2:2022 Ökobilanzdatenbestand und eigene Berechnungen
 © treeze Ltd. 2012-2022

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

Anlagentyp	Technologie	Bezugsgröße	Primärenergiefaktor total [MJ-eq]	Primärenergiefaktor fossil [MJ-eq]	Primärenergiefaktor nuklear [MJ-eq]	Primärenergiefaktor total erneuerbar [MJ-eq]	CO ₂ -Äquivalente [kg CO ₂ -eq]	Kohlenstoffdioxid, fossi [kg]	Umweltbelastungspunkte [Ulp 21]
Kollektoranlage am Gebäudestandort	Cu-Kollektoranlage, EFH, für Warmwasser	m2	4'377	3'144	707	526	290	263	688'770
	Vakuümrohrenkollektor, EFH, für RH und WW	m2	3'559	2'676	514	369	231	210	494'165
	Cu-Kollektoranlage, EFH, für RH und WW	m2	3'200	2'312	509	379	204	185	483'712
	Cu-Kollektoranlage, MFH, auf Schrägdach, für Warmwasser	m2	2'698	1'979	425	294	169	153	412'312
	Hybridkollektor Schrägdach mit Erdsondenregeneration	m2	5'232	3'886	799	547	344	298	717'306
	Hybridkollektor Schrägdach mit Warmwasserspeicher	m2	5'567	4'110	854	602	371	322	771'252
	Al-Cu-Kollektoranlage, MFH, auf Schrägdach, für Warmwasser	m2	2'611	1'901	420	291	161	145	336'634
	Cu-Kollektoranlage, MFH, auf Flachdach, für Warmwasser	m2	2'548	1'882	395	271	165	150	403'757
	Cu-Kollektoranlage, MFH, auf Schrägdach, für Warmwasser	m2	2'470	1'812	386	272	153	138	378'666
	Cu-Kollektor-Grossanlage, MFH, für Warmwasser	m2	2'200	1'619	342	239	134	121	370'724
Photovoltaikanlage in m2 am Gebäudestandort	Photovoltaik	m2	2'810	2'118	416	276	197	168	412'044
	Photovoltaik Schrägdach	m2	2'612	1'964	389	258	184	157	383'537
	Photovoltaik Flachdach	m2	3'001	2'266	441	293	211	179	439'069
	Photovoltaik Fassade	m2	3'283	2'410	546	327	226	194	535'715
	Solarstromanlage Schrägdach Mono-Si	m2	3'536	2'599	582	355	245	210	573'438
	Solarstromanlage Schrägdach Multi-Si	m2	3'297	2'400	557	339	226	193	537'624
	Solarstromanlage Schrägdach CdTe	m2	2'314	1'721	386	207	143	129	368'877
	Solarstromanlage Schrägdach CIS	m2	2'945	2'041	614	290	173	152	415'603
Photovoltaikanlage in kWp am Gebäudestandort	Photovoltaik	KWp	15'267	11'500	2'265	1'499	1'072	914	2'238'725
	Photovoltaik Schrägdach	KWp	14'284	10'733	2'137	1'412	1'003	859	2'098'097
	Photovoltaik Flachdach	KWp	16'210	12'239	2'385	1'583	1'138	968	2'371'745
	Photovoltaik Fassade	KWp	17'729	13'014	2'949	1'764	1'219	1'049	2'893'527
	Wechselrichter 2.5 kW	KWp	2'467	1'631	609	227	144	131	534'306
	Wechselrichter 5 kW	KWp	1'976	1'307	488	182	116	105	428'011
	Wechselrichter 10 kW	KWp	1'583	1'047	391	146	93	84	342'873
	Wechselrichter 20 kW	KWp	1'268	838	313	117	74	67	274'661
	Elektroinstallation, Photovoltaikanlage	KWp	648	543	67	37	42	38	167'003
	Solarstromanlage Schrägdach Mono-Si	KWp	18'134	13'326	2'986	1'820	1'258	1'078	2'940'779
	Solarstromanlage Schrägdach Multi-Si	KWp	18'315	13'336	3'096	1'881	1'254	1'073	2'986'862
	Solarstromanlage Schrägdach CdTe	KWp	12'856	9'559	2'147	1'149	794	715	2'049'358
	Solarstromanlage Schrägdach CIS	KWp	18'407	12'756	3'839	1'810	1'081	951	2'597'518
	Rücknahme und Recycling, CdTe PV Modul	kg	5	4	1	0	0	0	544
	Rücknahme und Recycling, c-Si PV Modul	kg	2	1	0	0	0	0	359

Datenquelle: UVEK DQRv2:2022 und eigene Berechnungen
 © treeze Ltd. 2012-2022

Tab. 2.4 Primärenergiefaktoren und Umweltauswirkungen von Heizungsanlagen.

Anlagentyp	Technologie	Bezugsgröße	Primärenergiefaktor total [MJ-ec]	Primärenergiefaktor fossil [MJ-ec]	Primärenergiefaktor nuklear [MJ-ec]	Primärenergiefaktor total erneuerbar [MJ-ec]	CO ₂ -Äquivalente [kg CO ₂ -eq]	Kohlendioxid, fossil [kg]	Umweltbelastungspunkte [DIP 21]
Heizungsanlagen	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m ²	m ²	12.5	9.6	1.8	1.1	0.85	0.77	1'772
	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m ²	m ²	37.4	28.8	5.4	3.2	2.55	2.31	5'317
	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 50 W/m ²	m ²	62.3	48.0	9.0	5.3	4.25	3.85	8'861
	Elektrospeicherofen 5kW	kg	41.1	30.9	6.8	3.4	2.59	2.32	6'736
	Erdsonden, für Sole-Wasser-Wärmepumpe	m	611	555	42	13	39.9	36.3	80'548
	Förder- und Schluckbrunnen für Grundwasser Wärmepumpe	Stk	6'435	5'473	803	159	568.1	534.1	845'258
	Sole-Wasser Wärmepumpe 7 kW	Stk	17'693	12'143	3'801	1'748	1'930	973.9	4'203'240
	Sole-Wasser Wärmepumpe 7 kW	kg	112	77	24	11	12.2	6.2	26'603
	Luft-Wasser Wärmepumpe 7 kW	Stk	29'085	19'201	6'270	3'612	3'179	1'514	6'598'536
	Luft-Wasser Wärmepumpe 7 kW	kg	114	75	24	14	12.42	5.91	25'776
	Verteilung Wohngebäude	m ²	44	32	8	4	2.77	2.50	5'639
	Verteilung Bürogebäude	m ²	107	82	16	8	8.07	7.30	16'083
	Abgabe über Heizkörper	m ²	82	61	15	6	6.49	5.97	12'107
	Abgabe über Fußbodenheizung	m ²	84	67	11	5	3.02	2.55	5'302
	Abgabe über Heizkühldecke (ohne Gips- oder Metaldecke)	m ²	106	68	21	16	5.66	5.04	24'213
	Wärmeverteilung, Luftheizung	m ²	29	23	4	2	2.00	1.81	3'732
	Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m ²	m ²	0.026	0.022	0.003	0.001	0.010	0.009	36.5
	Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m ²	m ²	0.078	0.066	0.009	0.003	0.029	0.028	109.6
	Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 50 W/m ²	m ²	0.130	0.111	0.015	0.005	0.048	0.047	182.7
	Entsorgung, Erdsonden, für Sole-Wasser-Wärmepumpe	m	5.65	1.69	2.95	1.00	2.56	2.36	5'218
	Entsorgung, Sole-Wasser Wärmepumpe 7 kW	Stk	137	93	33	11	473	49	486'057
	Entsorgung, Sole-Wasser Wärmepumpe 7 kW	kg	0.868	0.587	0.211	0.070	2.995	0.309	3'076
	Entsorgung, Luft-Wasser Wärmepumpe 7 kW	Stk	224	152	54	18	824	79	845'367
	Entsorgung, Luft-Wasser Wärmepumpe 7 kW	kg	0.877	0.594	0.212	0.070	3.218	0.310	3'302
	Entsorgung, Elektrospeicherofen 5kW	kg	0.752	0.491	0.196	0.065	0.297	0.289	349
	Entsorgung, Förder- und Schluckbrunnen für Grundwasser Wärmepumpe	Stk	176.373	131.631	30.019	14.702	95.707	94.360	106'837
	Entsorgung, Verteilung Wohngebäude	m ²	9.0	5.8	1.9	1.3	0.70	0.64	1'406
	Entsorgung, Verteilung Bürogebäude	m ²	10.8	7.0	2.2	1.5	1.09	0.99	2'018
	Entsorgung, Abgabe über Heizkörper	m ²	0.11	0.08	0.02	0.01	0.022	0.021	700
	Entsorgung, Abgabe über Fußbodenheizung	m ²	0.320	0.295	0.017	0.008	2.04	2.03	2'087
	Entsorgung, Abgabe über Heizkühldecke (ohne Gips- oder Metaldecke)	m ²	0.10	0.08	0.02	0.01	0.134	0.133	141
	Entsorgung, Wärmeverteilung, Luftheizung	m ²	0.013	0.012	0.001	0.000	0.067	0.067	613

Datenquelle: UVEK DQRv2:2022 und eigene Berechnungen

© treeze Ltd. 2012-2022

Tab. 2.5 Primärenergiefaktoren und Umweltauswirkungen von Lüftungs-, Sanitär- und Elektroanlagen.

Anlagentyp	Technologie	Bezugsgröße	Primärenergiefaktor total	Primärenergiefaktor fossil	Primärenergiefaktor nuklear	Primärenergiefaktor total erneuerbar	CO ₂ -Äquivalente	Kohlendioxid, fossil	Umweltbelastungspunkte [DIP 21]
			[MJ-ec]	[MJ-ec]	[MJ-ec]	[MJ-ec]	[kg CO ₂ -eq]	[kg]	
Lüftungsanlagen	Einzelraumlüfter Fenstermodell 10-30 m ³ /h, ohne Montage	Stk	1'149	676	90	382	38	32.5	78'180
	Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft	m ²	195	149	30	15	14.0	12.6	41'321
	Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft	m ²	120	93	18	9	7.7	6.9	20'861
	Abfluftanlage Küche und Bad	m ²	56.7	43.5	8.8	4.4	3.9	3.6	12'093
	Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen	m ²	53.1	45.6	5.7	1.9	2.8	2.5	4'598
	Erdregister kurz zu Lüftungsanlage Büro (0.27 m ² /m ² EBF)	m ²	92.1	79.0	9.9	3.3	4.9	4.4	7'969
	Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m ² /m ² EBF)	m ²	230	197	25	8	12.2	10.9	19'923
	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 1 m ³ /(h m ²)	m ²	197	147	34	16	14.7	13.3	33'634
	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 2 m ³ /(h m ²)	m ²	266	199	46	21	19.7	17.9	45'304
	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 4 m ³ /(h m ²)	m ²	405	303	69	32	29.9	27.1	68'644
	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 6 m ³ /(h m ²)	m ²	543	406	93	43	40.0	36.4	91'984
	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 8 m ³ /(h m ²)	m ²	681	510	116	54	50.1	45.6	115'324
	Entsorgung, Einzelraumlüfter Fenstermodell 10-30 m ³ /h, ohne Montage	Stk	5.11	4.05	0.78	0.28	5.49	5.40	6'138
	Entsorgung, Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft	m ²	0.263	0.198	0.045	0.019	0.298	0.295	361
	Entsorgung, Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft	m ²	0.236	0.196	0.028	0.012	0.723	0.720	782
	Entsorgung, Abfluftanlage Küche und Bad	m ²	0.030	0.027	0.002	0.001	0.125	0.125	175
	Entsorgung, Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen	m ²	4.09	3.18	0.65	0.26	1.62	1.60	2'284
	Entsorgung, Erdregister kurz zu Lüftungsanlage Büro (0.27 m ² /m ² EBF)	m ²	7.09	5.50	1.13	0.45	2.81	2.77	3'959
	Entsorgung, Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m ² /m ² EBF)	m ²	17.7	13.8	2.8	1.1	7.03	6.92	9'898
	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 1 m ³ /(h m ²)	m ²	0.555	0.440	0.079	0.035	0.339	0.330	592
	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 2 m ³ /(h m ²)	m ²	0.76	0.61	0.11	0.05	0.475	0.463	829
	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 4 m ³ /(h m ²)	m ²	1.18	0.94	0.16	0.07	0.749	0.730	1'302
Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 6 m ³ /(h m ²)	m ³	1.59	1.27	0.22	0.10	1.02	1.00	1'776	
Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 8 m ³ /(h m ²)	m ²	2.01	1.61	0.28	0.12	1.30	1.26	2'250	
Sanitäranlagen	Büro, einfache Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	m ²	72.5	60.2	8.1	4.2	3.58	3.13	7'290
	Büro, einfache Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	m ²	0.439	0.380	0.035	0.024	1.15	1.13	1'203
	Büro, aufwändige Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	m ²	174	142	21	12	8.53	7.43	17'019
	Büro, aufwändige Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	m ²	1.62	1.43	0.12	0.07	3.76	3.68	3'953
	Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	m ²	179	140	25	14	11.01	9.86	24'678
	Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	m ²	1.11	0.84	0.18	0.08	1.54	1.51	1'672
Elektroanlagen	Büro, Erstellung	m ²	654	307	71	277	22.7	20.4	81'697
	Büro, Rückbau	m ²	3.12	2.47	0.45	0.19	1.48	1.45	1'659
	Wohnen, Erstellung	m ²	208	159	32	17	9.57	8.49	33'467
	Wohnen, Rückbau	m ²	2.81	2.06	0.53	0.22	3.42	3.40	3'631

Datenquelle: UVEK DQRv2:2022 und eigene Berechnungen
© treeze Ltd. 2012-2022

3 Aktualisierungen der Hintergrunddaten

Der UVEK Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022 bildet die Datenbasis für die Auswertungen (KBOB et al. 2022a). Dieser basiert auf dem ecoinvent Datenbestand v2.2 (ecoinvent Centre 2010) mit umfangreichen Anpassungen und Aktualisierungen. 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.

Der aktualisierte Hintergrunddatenbestand und die Datensätze der KBOB-Empfehlung 2009/1:2022 (teilweise zu Systemprozessen aggregiert) werden als SimaPro- und als openLCA-Datenbank zur Verfügung gestellt.

Die Auswertungen erfolgten mit der Software SimaPro 9.2 (PRé Consultants 2021).

Tab. 3.1 Übersicht über die im Vergleich zum ecoinvent Datenbestand Version 2.2 (ecoinvent Centre 2010) aktualisierten Sachbilanzdaten im KBOB-Ökobilanzdatenbestand v2.2:2016 (KBOB et al. 2016), und UVEK Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022 (KBOB et al. 2022a).

Sektor	Umfang der Aktualisierung	2016	2022	Quelle
Aluminium	Herstellung von Primär- und Sekundäraluminium Aluminium-Produktionsmixe	x		Stolz & Frischknecht 2016b
Eisenmetalle	Herstellung von Armierungsstahl und andere Stahl- und Eisenprodukte		x	Zschokke et al. 2021
Holzprodukte	Waldbewirtschaftung Herstellung von Holzprodukten	x	x	Werner 2020 Werner 2017
Erdgas	Versorgungsmix Flüssiggas Versorgungskette ab Produktion Russland Regionales Verteilnetz GuD-Kombikraftwerk WKK Anlagen	x		Bauer et al. 2012 Schori et al. 2012
Erdöl	Förderung von Rohöl Ferntransport und Raffinierung von Rohöl Bereitstellung von Raffinerieprodukten		x	Jungbluth & Meili 2018 Jungbluth et al. 2018a Meili et al. 2018a Meili et al. 2018b
Erdölprodukte (z.B. Benzin, Diesel, Heizöl EL)	Herkunftsmix von Rohöl für die Schweiz und Europa Anteil von schweizerischen und europäischen Raffinerien an der Bereitstellung von Erdölprodukten in der Schweiz Transportdistanzen von Rohöl und importierten Erdölprodukten		x	Frischknecht & Krebs 2021a
Heizungssysteme	Erdölheizung Erdgasheizung Biogasheizung Holzheizung Wärmepumpen, Luft-, Grundwasser-, Sole-Wasser; Neu- und Altbau Solarkollektor, hybrid Elektrospeicherofen		x	Kägi et al. 2021 Jungbluth et al. 2018b
Biogas	Produktion Rohbiogas aus Grüngut und aus Klärschlamm Aufbereitung Biogas Biogasmix Schweiz		x	Kägi et al. 2022
Fernwärme	Infrastruktur Verluste		x	Kägi et al. 2021
Kernkraft	Uranförderung und –aufbereitung Brennstoffkette Betrieb der Kernkraftwerke Geologische Tiefenlagerung	x		Bauer et al. 2012
Wasserkraft	Laufwasserkraftwerk Speicherwasserkraftwerk Kleinwasserkraftwerk Pumpspeicherkraftwerk	x		Flury & Frischknecht 2012
Fotovoltaik	Polysiliziumherstellung Strom- und Brennstoffbedarf Ingot, Wafer, und Zellenherstellung Sägespalt, Waferdicke und Materialverluste		x	Frischknecht et al. 2020a

Sektor	Umfang der Aktualisierung	2016	2022	Quelle
	Cadmium-Tellurid Technologie Moduleffizienz Entsorgung/Recycling Spezifischer Energieertrag und Degradationsrate von Fotovoltaik-Anlagen			
Stromproduktion, -übertragung und -verteilung	Stromproduktion (Europa und übrige Welt) Europäischer Strommix (Verbund ENT-SO) Stromverluste und -verteilung Stromnetzinfrastruktur	x		Itten et al. 2014
Strommix Schweiz	Strommixe für das Jahr 2018		x	Krebs & Frischknecht 2020a
KVA	aktualisierte Stoff- und Energieflüsse, aktualisierte Emissionsfaktoren (insbesondere Dioxine)	x		Doka 2013
Deponie	Bauabfall und Aushubdeponien		x	Doka 2020
Entsorgung von Baumaterialien	Entsorgungswege Baumaterialien		x	Klingler & Savi 2021
Transportleistungen Strasse	Personen- und Frachttransporte, inkl. Baumaschinen und Tram	(x)	x	Krebs & Frischknecht 2020b Stolz et al. 2016
Transportleistungen Schiene	Personen- und Frachttransporte		x	Krebs & Frischknecht 2020b Messmer & Frischknecht 2016b
Transportleistungen Schiffe	Personen- und Frachttransporte		x	Messmer & Frischknecht 2016a
Transportleistungen Flugzeuge	Personen- und Frachttransporte, inkl. Seilbahnen		x	Frischknecht & Krebs 2021b Messmer & Frischknecht 2016c
Korrekturen von Fehlern	Diverse	x	x	Internes Arbeitsdokument

In einzelnen Fällen wurden bestimmte Elemente der Sachbilanzen abgeändert, da teilweise andere Systemgrenzen gelten. Beispielsweise dient im gesamten UVEK Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022 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.

4 Sachbilanzen Energie am Eingang Gebäude oder Tank

4.1 Brennstoffe fossil

4.1.1 Übersicht

Die zur Berechnung der Umweltauswirkungen von fossilen Brennstoffen am Eingang Gebäude oder Tank verwendeten Datensätze sind in Tab. 4.1 aufgelistet. Die Daten zu Erdgas- und Propan/Butanfeuerungen wurden aktualisiert (Kägi et al. 2021).

Tab. 4.1 Übersicht der Sachbilanzdatensätze für fossile Brennstoffe; CH: Schweiz; RER: Europa.

Brennstoff	Datensatzname	Lokalität
Heizöl EL	light fuel oil, burned in boiler 10kW, non-modulating	CH
Erdgas	natural gas, burned in boiler condensing modulating 50kW	CH
Propan / Butan	propane/butane, burned in boiler condensing modulating 50kW	CH
Kohle Koks	hard coal coke, burned in stove 5-15kW	RER
Kohle Brikett	hard coal briquette, burned in stove 5-15kW	RER

Gemäss der in Unterkapitel 1.2 beschriebenen Methodik sind die Brennvorrichtungen wie Ofen oder Heizkessel nicht Teil der Bilanz. So wurde im Vergleich zum UVEK Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022 der Bezug der Heizungsinfrastruktur in den Sachbilanzen auf null gesetzt. Die verwendeten Datensätze beziehen sich auf den unteren Heizwert. Um die Umweltauswirkungen von fossilen Brennstoffen am Eingang Gebäude oder Tank auf den oberen Heizwert zu beziehen, wurden 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
Heizöl EL	42.6 MJ/kg	45.2 MJ/kg	1.07
Erdgas	45.4 MJ/kg	50.4 MJ/kg	1.11
Propan / Butan	46.1 MJ/kg	49.9 MJ/kg	1.08
Kohle Koks	31.4 MJ/kg	32.4 MJ/kg	1.03
Kohle Brikett	31.4 MJ/kg	32.4 MJ/kg	1.03

4.1.2 Heizöl EL

Die Sachbilanzen zur Bereitstellung und Lieferketten von Erdölprodukten wurden von Meili et al. (2018a; 2018b) und Jungbluth et al. (2018; 2018a) aktualisiert. Die Sachbilanzen von schweizerischen und europäischen Raffinerieprodukten (Heizöl EL,

Propan / Butan etc.) wurden mit Daten zum aktuellen Herkunftsmix des verarbeiteten Rohöls angepasst. Zudem wurden der Anteil von importiertem Heizöl EL sowie die Herkunftsländer und Transportdistanzen ins Schweizer Regionallager neu ermittelt. Sachbilanzdaten zur Erdölförderung in Nordafrika, Grossbritannien und Aserbaidschan wurden analog der Sachbilanzdaten zur Erdölförderung von Meili und Jungbluth (2018a) erarbeitet. Die Datengrundlagen und Berechnungen sind in Stolz und Frischknecht (2019) und in Frischknecht und Krebs (2021a) beschrieben.

4.1.3 Propan / Butan

Die Sachbilanzen der Herstellung von Propan / Butan in Schweizer und europäischen Raffinerien wurden aktualisiert. Die Datengrundlagen und Berechnungen sind in Jungbluth et al. (2018a) beschrieben.

Die Wärmeerzeugung mittels Propan/Butanfeuerung wurde basierend auf der Erdgasfeuerung „natural gas, burned in boiler condensing modulating 50kW“ modelliert. Der Brennstoff-Input wurde mit dem Datensatz „propane/butane, at refinery, CH“ abgebildet und die CO₂-Emissionen wurden anhand der Stöchiometrie bestimmt (siehe Tab. 4.3).

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

Name	oberer Heizwert	unterer Heizwert	C-Gehalt	CO ₂ -Emissionen	Annahme Mischung Flüssiggas Schweiz
Propan (C ₃ H ₈)	50.4 MJ/kg	46.5 MJ/kg	81.8%	64.6 g/MJ	50%
Butan (C ₄ H ₁₀)	49.6 MJ/kg	45.8 MJ/kg	82.8%	66.2 g/MJ	50%
Mischung CH	50.0 MJ/kg	46.1 MJ/kg	82.3 %	65.4 g/MJ	-

4.1.4 Kohle Koks und Kohle Brikett

In den Steinkohledatensätzen sind regionenspezifische Unterschiede des Heizwerts abgebildet. Da diese in der Bewertungsmethode nicht berücksichtigt werden, wurde eine Korrektur des fossilen Primärenergiebedarfs für „Kohle Koks“ und „Kohle Brikett“ vorgenommen. Die originalen Werte für den fossilen Primärenergiebedarf sind gemäss dem Autor der Datensätze¹ mit den Faktoren 1.0637 für Koks und 1.1678 für Briketts zu multiplizieren.

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

4.2 Brennstoffe Biomasse

4.2.1 Übersicht

Die zur Berechnung der Umweltauswirkungen von biogenen Brennstoffen am Eingang Gebäude oder Tank verwendeten Datensätze sind in Tab. 4.4 aufgelistet.

Tab. 4.4 Übersicht der Sachbilanzdatensätze für Brennstoffe auf Basis von Biomasse; CH: Schweiz
*: auf eine Differenzierung mit/ohne Partikelfilter wurde im Zuge der Aktualisierung verzichtet.

Brennstoff	Datensatzname	Lokalität
Stückholz*	logs, mixed, burned in furnace 50kW	CH
Holzschnittel*	wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW	CH
Pellets*	pellets, mixed, burned in furnace 50kW	CH
Biogas	biomethane, burned in boiler condensing modulating 50kW	CH

Gemäss der in Unterkapitel 1.2 beschriebenen Methodik ist die Herstellung der Heizkessel kommerzieller Energieträger nicht Teil der hier bilanzierten Systeme. So wurde im Vergleich zum UVEK Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022 bei den Datensätzen jeweils der Bezug der Heizungsinfrastruktur auf null gesetzt. Die verwendeten Datensätze beziehen sich auf den unteren Heizwert. Um die Umweltauswirkungen von biogenen Brennstoffen am Eingang Gebäude oder Tank auf den oberen Heizwert zu beziehen, wurden die Ergebnisse durch das 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
Holzschnittel	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

4.2.2 Holzfeuerungen

Die Datensätze zur Wärmebereitstellung mittels Stückholz, Holzpellets und Holzschnitteln wurden von Kägi et al. (2021) aktualisiert. Die Aktualisierung der Holzheizsysteme umfasst die Materialisierung und Herstellung der Feuerung, Materialisierung des Kamins, die Wärmewirkungsgrade und die Emissionsfaktoren der Verbrennung der verschiedenen Holzarten. Die Sachbilanzen sind in Kägi et al. (2021) dokumentiert. Die aktualisierten Sachbilanzdaten wurden in den UVEK Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022 integriert.

4.2.3 Biomethan

Die UVEK Ökobilanzdaten zur Bereitstellung von Biomethan wurden von Kägi et al. (2022) aktualisiert. Dies umfasst die Rohbiogasproduktion aus Grüngut beziehungsweise Klärschlamm, die Aufbereitung von Rohbiogas zu Biomethan mittels Aminowäsche, Membrantechnologie und Druckwechsel-Absorption, der Mix von ins Erdgasnetz eingespeistem Biomethan.

Tab. 4.6 Wesentliche Kenngrößen der Bereitstellung von Biomethan

¹⁾: auf Rohbiogas allozierter Anteil, Emissionsfaktor insgesamt 17 g pro kg Grüngut (Input)
²⁾: in den UVEK Ökobilanzdaten DQRv2:2022: 3.7 g pro m³ Rohbiogas

	Methanschlupf	Anteil
Rohbiogasproduktion	g/m³ Rohbiogas	%
aus Grüngut	7 ¹⁾	37 %
aus Klärschlamm	14	61 %
aus Gülle	5.3 ²⁾	2 %
Aufbereitung zu Biomethan	g/m³ Biomethan	%
Druckwechselabsorption	10.1	15.7 %
Membrantechnologie	4.6	26.5 %
Aminowäsche	0.43	57.8 %

4.2.4 Biogasfeuerung

Die Datensätze zur Wärmebereitstellung mittels Biogas wurden von Kägi et al. (2021) aktualisiert. Die Aktualisierung der Biogasfeuerung umfasst die Materialisierung und Herstellung des Heizkessels, die Materialisierung des Kamins, die Wärmewirkungsgrade und die Emissionsfaktoren der Verbrennung des Biogases. Die Sachbilanzen sind in Kägi et al. (2021) dokumentiert. Die aktualisierten Sachbilanzdaten wurden in den UVEK Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022 integriert.

4.3 Treibstoffe fossil und Biomasse

4.3.1 Übersicht

Die zur Berechnung der Umweltauswirkungen von fossilen und biogenen Treibstoffen am Eingang Tank verwendeten Datensätze sind in Tab. 4.7 aufgelistet. Für Personen- und Gütertransporte wurden generell die Sachbilanzen aus mobitool v2.0 verwendet und mit den UVEK Ökobilanzdaten DQRv2:2022 verknüpft. Während die Sachbilanzen zu Lkw-Transporten aus mobitool v2.0 bereits in der KBOB-Empfehlung 2009/1:2016 verwendet wurden, wurden die Sachbilanzdaten zu den übrigen Transportleistungen nun aktualisiert (Messmer & Frischknecht 2016a, b; Stolz et al. 2016). Die Sachbilanzen aus mobitool v2.0 zu Elektroautos (Lebensleistung der Batterie entspricht neu der Lebensleistung des Autos, Krebs & Frischknecht 2020b) und zu den Flugtransporten (Güter und Passagiere, Frischknecht & Krebs 2021b) wurden aktualisiert.

Tab. 4.7 Übersicht der Sachbilanzdatensätze für Treibstoffe; CH: Schweiz; RER: Europa

Energieträger	Datensatzname	Lokalität
Diesel in Lastwagen	fuel in transport, freight, lorry, fleet average	CH
Diesel in Baumaschine	fuel in building machine, hydraulic digger, average	CH
Diesel in Personenwagen	fuel in transport, passenger car, diesel, fleet average (proj. 210)	CH
Benzin in Personenwagen	fuel in transport, passenger car, petrol, fleet average (proj. 210)	CH
Erdgas in Personenwagen	fuel in transport, passenger car, natural gas (proj. 210)	CH
Strom CH-Verbrauchermix in Personenwagen	fuel in transport, passenger car, electric, LiNCM	CH
Mix Stromprodukte aus erneuerbaren Energien in Personenwagen	fuel in transport, passenger car, electric, LiNCM, certified electricity	CH
Benzin in Scooter	fuel in transport, scooter, petrol (proj. 210)	RER
Kerosin in Flugzeug	fuel in transport, aircraft, passenger	CH
Biogas in Personenwagen	fuel in transport, passenger car, methane, 96 vol-%, from biogas (proj. 210)	CH

4.3.2 Treibstoffbereitstellung

Die Sachbilanzen zur Bereitstellung und Lieferketten von Erdölprodukten wurden von Meili et al. (2018a; 2018b) und Jungbluth et al. (2018; 2018a) aktualisiert. Die Sachbilanzen von schweizerischen und europäischen Raffinerieprodukten (Benzin, Diesel, Kerosin etc.) wurden mit Daten zum aktuellen Herkunftsmix des verarbeiteten Rohöls angepasst. Zudem wurden der Anteil der importierten Treibstoffe sowie deren Herkunft und Transportdistanzen ins Schweizer Regionallager neu ermittelt. Die aktualisierten Sachbilanzen von Benzin und Diesel sind in den Berichten von Stolz und Frischknecht (2016a), Stolz et al. (2016) und Frischknecht und Krebs (2021a) ausführlich dokumentiert.

4.3.3 Treibstoffnutzung

Die Nutzung von 1 MJ Treibstoff wurde für jedes Verkehrsmittel in die Einheit Fahrzeugkilometer umgerechnet. Damit werden die Treibstoffbereitstellung und der Einsatz im Fahrzeug berücksichtigt. Die weiteren, mit dem Transport verbundenen Umweltauswirkungen, beispielsweise durch Fahrzeugherstellung und -entsorgung sowie Strassenbau und -unterhalt, werden nicht berücksichtigt.

Für die Umrechnung von Fahrzeugkilometer (beispielsweise eines Lastwagens) auf MJ Treibstoff wurde in einem ersten Schritt der obere Heizwert des Brennstoffs erfasst, z.B. 45.4 MJ pro Kilogramm Diesel. In einem zweiten Schritt wurde aus den bestehenden Daten errechnet, wie viel Treibstoff pro Kilometer Fahrt verbraucht wird (in diesem Beispiel braucht ein durchschnittlicher Lastwagen in der Schweiz für einen Tonnenkilometer Fahrt 0.0266 kg Diesel; Stolz et al. 2016). Diese Treibstoffmenge wurde dann mit dem oberen Heizwert von Diesel multipliziert, woraus ein Energieverbrauch von

1.21 MJ pro Tonnenkilometer resultiert. Der Kehrwert entspricht der Bezugsmenge von Fahrzeugkilometern eines durchschnittlichen Lastwagens pro MJ Treibstoff.

In den nachstehenden Tabellen Tab. 4.8 bis Tab. 4.11 werden die Umrechnungen für die in Tab. 4.7 aufgeführten Treibstoffe gezeigt.

Tab. 4.8 Umrechnungsfaktor und verwendeter Datensatz zur Modellierung der Treibstoff- beziehungsweise Stromnutzung in Fahrzeugen, Flugzeugen und Baumaschinen (Stolz et al. 2016; Frischknecht & Krebs 2021b).

Treibstoff/Strom	Einheit	Wert	verwendeter Datensatz
Diesel in Lastwagen			siehe Tab. 4.9
Diesel in Baumaschine	MJ/m ³	0.233	excavation, hydraulic digger, average, without infrastructure/CH U
Diesel in Personenwagen			siehe Tab. 4.10
Benzin in Personenwagen			siehe Tab. 4.11
Erdgas in Personenwagen	MJ/km	0.310	Operation, passenger car, natural gas/CH U
Strom CH-Verbrauchermix in Personenwagen	MJ/pkm	2.23	transport, passenger car, electric, LiNCM, Betrieb/personkm/CH U
Mix Stromprodukte aus erneuerbaren Energien in Personenwagen	MJ/pkm	2.23	transport, passenger car, electric, LiNCM, certified electricity, Betrieb/personkm/CH U
Benzin in Scooter	MJ/km	0.880	Operation, scooter/CH U
Kerosin in Flugzeug	MJ/pkm	0.664	transport, aircraft, passenger, Betrieb/personkm/RER U
Biogas in Personenwagen	MJ/km	0.295	Operation, passenger car, methane, 96 vol-%, from biogas/CH U

Tab. 4.9 Sachbilanz und Umrechnungsfaktor von 1 MJ Diesel, genutzt in einem durchschnittlichen Lastwagen in der Schweiz (Stolz et al. 2016).

Datensatzname	Einheit	Menge
fuel in transport, freight, lorry, fleet average	MJ	1
transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO 3, without infrastructure	tkm	0.00009043
transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO 4, without infrastructure	tkm	0.00006707
transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO 5, without infrastructure	tkm	0.00028672
transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO 6, without infrastructure	tkm	0.00010027
transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO 3, without infrastructure	tkm	0.00319573
transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO 4, without infrastructure	tkm	0.00074648
transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO 5, without infrastructure	tkm	0.00791562
transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO 6, without infrastructure	tkm	0.00281717

Datensatzname	Einheit	Menge
transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO 3, without infrastructure	tkm	0.02379049
transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO 4, without infrastructure	tkm	0.00525612
transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO 5, without infrastructure	tkm	0.12901038
transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO 6, without infrastructure	tkm	0.03509991
transport, freight, lorry 32-40 metric ton, EURO 3, without infrastructure	tkm	0.02327847
transport, freight, lorry 32-40 metric ton, EURO 4, without infrastructure	tkm	0.00843397
transport, freight, lorry 32-40 metric ton, EURO 5, without infrastructure	tkm	0.39088382
transport, freight, lorry 32-40 metric ton, EURO 6, without infrastructure	tkm	0.19643501

Tab. 4.10 Sachbilanz und Umrechnungsfaktor von 1 MJ Diesel, genutzt in einem durchschnittlichen Dieselauto in der Schweiz (Stolz et al. 2016)

Datensatzname	Einheit	Menge
fuel in transport, passenger car, diesel, fleet average (proj. 210)	MJ	1
transport, passenger car, small size, diesel, EURO 3, Betrieb	personkm	0.002094194
transport, passenger car, small size, diesel, EURO 4, Betrieb	personkm	0.008160316
transport, passenger car, small size, diesel, EURO 5, Betrieb	personkm	0.009737959
transport, passenger car, small size, diesel, EURO 6, Betrieb	personkm	0.00146871
transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 3, Betrieb	personkm	0.036620139
transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 4, Betrieb	personkm	0.147030562
transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 5, Betrieb	personkm	0.251002312
transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 6, Betrieb	personkm	0.03293188
transport, passenger car, large size, diesel, EURO 3, Betrieb	personkm	0.019930133
transport, passenger car, large size, diesel, EURO 4, Betrieb	personkm	0.075617346
transport, passenger car, large size, diesel, EURO 5, Betrieb	personkm	0.107675793
transport, passenger car, large size, diesel, EURO 6, Betrieb	personkm	0.014149177

Tab. 4.11 Sachbilanz und Umrechnungsfaktor von 1 MJ Benzin, genutzt in einem durchschnittlichen Benzinauto in der Schweiz (Stolz et al. 2016)

Datensatzname	Einheit	Menge
fuel in transport, passenger car, petrol, fleet average (proj. 210)	MJ	1
transport, passenger car, small size, petrol, EURO 3, Betrieb	personkm	0.016590287
transport, passenger car, small size, petrol, EURO 4, Betrieb	personkm	0.071145774
transport, passenger car, small size, petrol, EURO 5, Betrieb	personkm	0.108642443

Datensatzname	Einheit	Menge
transport, passenger car, small size, petrol, EURO 6, Betrieb	personkm	0.01360077
transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 3, Betrieb	personkm	0.036624508
transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 4, Betrieb	personkm	0.118402536
transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5, Betrieb	personkm	0.111214476
transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 6, Betrieb	personkm	0.01445155
transport, passenger car, large size, petrol, EURO 3, Betrieb	personkm	0.015954902
transport, passenger car, large size, petrol, EURO 4, Betrieb	personkm	0.04767822
transport, passenger car, large size, petrol, EURO 5, Betrieb	personkm	0.026478858
transport, passenger car, large size, petrol, EURO 6, Betrieb	personkm	0.003363639

4.4 Fernwärme

4.4.1 Übersicht

Alle Fernwärmedatensätze bestehen aus der Wärmeerzeugung einerseits und aus den Aufwendungen für den Wärmetransport und den Verlusten im Leitungsnetz andererseits. Die Sachbilanzdaten wurden von Kägi et al. (2021) aktualisiert und ergänzt. Da in den Schweizer Fernwärmenetzen kaum Luft-Wasser Wärmepumpen im Einsatz sind, wurde der Datensatz zu dieser Technologie gelöscht. Neu wurden Sachbilanzdaten zur Abwärmenutzung in Schweizer Kernkraftwerken erstellt.

Der Wärmetauscher (Hausanschluss) wurde als Annäherung mit 1/5 des Heizkesselbedarfs für die Erdgasheizung modelliert.

Tab. 4.12 Übersicht der Sachbilanzdatensätze für Fern- und Nahwärme; CH: Schweiz; RER: Europa.

Energieträger	Datensatzname	Lokalität
Atomkraftwerk	heat, at nuclear power plant, allocation exergy	CH
Heizzentrale Oel	heat, light fuel oil, at industrial furnace 1MW	CH
Heizzentrale Gas	heat, natural gas, at industrial furnace 1MW	CH
Heizzentrale Holz	heat, mixed chips from forest, at furnace 1000kW	CH
Heizkraftwerk Holz	heat, at cogen 1MWth, wood chips, allocation exergy	CH
Heizzentrale EWP Grundwasser	heat, at groundwater heat pump, brine-water, 50kW, for district heating, CH electr.	CH
Heizzentrale EWP Erdsonde	heat, at borehole heat pump, brine-water, 50kW, for district heating, CH electricity	CH
Heizzentrale EWP Abwasser	heat, from sewage heat exchanger	CH
Kehrichtverbrennung	Heat from waste, at municipal waste incineration plant	CH
Blockheizkraftwerk Diesel	heat, at cogen 1MWth, diesel, allocation exergy	CH

Energieträger	Datensatzname	Lokalität
Blockheizkraftwerk Gas	heat, at cogen 1MWth, natural gas, allocation exergy	CH
Blockheizkraftwerk Biogas	heat, at cogen 1MWth, biomethane, allocation exergy	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. 4.13 gibt einen Überblick über die verwendeten Werte. Die Differenz zu 1 MJ 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.

Tab. 4.13 Bestimmung des Primärenergiefaktors „Abwärme / Abfall“; H_0 : oberer Heizwert

Energieträger	Input Brennstoff	H_0 Brennstoff	Input Brennstoffenergie	Differenz zu 1 MJ	Art
Heizzentrale EWP Abwasser	0.0813 kWh	3.6 MJ/kWh	0.293 MJ	0.707 MJ	Abwärme
Blockheizkraftwerk Diesel	0.00774 kg	45.4 MJ/kg	0.352 MJ	0.648 MJ	Abwärme
Blockheizkraftwerk Erdgas	0.388 MJ	-	0.388 MJ	0.612 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	0.439 MJ	-	0.439 MJ	0.561 MJ	Abwärme
Kehrichtverbrennung	0	0	0 MJ	1 MJ	Abfall
Heizkraftwerk Geothermie	0.340 MJ	-	0.340 MJ	0.660 MJ	Abwärme
Atomkraftwerk	-	-	0.0013 MJ	0.999 MJ	Abwärme

In Schweizer Fernwärmenetzen wurde im Jahr 2018 etwa ein Drittel der Energie aus Kehrichtverbrennungsanlagen gewonnen (siehe Tab. 4.14). Holz, Erdgas, Kernkraftwerke und Wärmepumpen waren in dieser Reihenfolge die weiteren wesentlichen Energieträger beziehungsweise Technologien. Auf eine Differenzierung des Durchschnitts der Netze Schweiz mit resp. ohne Nutzung der Kehrichtwärme wurde im Zuge der Aktualisierung verzichtet.

Tab. 4.14 Eingesetzte Energieträger in Fernwärmenetzen (Kägi et al. 2021)

¹): Annahme: 100 % Wärmepumpen (Sole-Wasser)²): Annahme: 100 % Wärme aus Kernkraftwerken

Energieträger	Anteil 2018
Heizöl	2.4 %
Erdgas	22.6 %
Holz (VFS Mitglieder)	14.6 %
Holz (andere)	15.7 %
Übrige Erneuerbare ¹)	5.6 %
Kehrichtverbrennung	32.2 %
Sonstige ²)	6.9 %
Total	100.0 %

4.5 Elektrizität

4.5.1 Übersicht

Die zur Berechnung der Umweltauswirkungen der Stromerzeugung und -verteilung verwendeten Datensätze sind in Tab. 4.7 aufgelistet.

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

Tab. 4.15 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; UCTE: Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity.

Technologie	Datensatzname	Lokalität
Atomkraftwerk	electricity, nuclear, at power plant	CH
Erdgaskombikraftwerk GuD	electricity, natural gas, at combined cycle plant, best technology	RER
Erdgaskraftwerk	Electricity, natural gas, at power plant	UCTE
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 1MWth, wood chips, allocation exergy	CH
Blockheizkraftwerk Diesel	electricity, at cogen 1MWth, diesel, allocation exergy	CH
Blockheizkraftwerk Gas	electricity, at cogen 1MWth, natural gas, allocation exergy	CH

Technologie	Datensatzname	Lokalität
Blockheizkraftwerk Biogas	electricity, at cogen 1MWth, biomethane, allocation exergy	CH
Fotovoltaik	electricity, production mix photovoltaic, at plant	CH
Fotovoltaik Schrägdach	electricity, photovoltaic mix slanted-roof, at plant	CH
Fotovoltaik Flachdach	electricity, photovoltaic mix flat-roof, at plant	CH
Fotovoltaik Fassade	electricity, photovoltaic mix facade, at plant	CH
Photovoltaik Schrägdach Mono-Si	electricity, PV, at 3kWp slanted-roof, single-Si, panel, mounted	CH
Photovoltaik Schrägdach Multi-Si	electricity, PV, at 3kWp slanted-roof, multi-Si, panel, mounted	CH
Photovoltaik Schrägdach CdTe	electricity, PV, at 3kWp slanted-roof, CdTe, panel, mounted	CH
Photovoltaik Schrägdach CIS	electricity, PV, at 3kWp slanted-roof, CIS, panel, mounted	CH
Windkraft	electricity, at wind power plant	CH
Wasserkraft	electricity, hydropower, at power plant	CH
Pumpspeicherung	electricity, hydropower, at pumped storage power plant	CH
Geothermie	Eigener Datensatz, siehe Abschnitt 4.5.2	CH
CH-Produktionsmix	Electricity, low voltage, production CH, at grid	CH
CH-Verbrauchermix	Electricity, low voltage, at grid	CH
Mix Stromprodukte aus erneuerbaren Energien	electricity, low voltage, certified electricity, at grid	CH
CH-Lieferantenmix HKN	electricity, consumer mix GO	CH
ENTSO-E-Mix	Electricity, low voltage, production ENTSO, at grid	ENTSO

4.5.2 Geothermie

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

Spahr (1999) weist für Geothermie einen nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf von 0.254 MJ Öl-eq pro MJ aus. Zusätzlich werden 1.128 MJ Öl-eq an erneuerbarer Energie benötigt. Die ausgewiesene nicht erneuerbare Energie wurde gemäss den Anteilen von fossiler und nuklearer Primärenergie am nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf von Windkraftwerken auf die Indikatoren „fossil“ und „nuklear“ aufgeteilt.

Die Gesamtumweltbelastung ausgedrückt in Umweltbelastungspunkten 2021 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit wurde bestimmt, indem der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf von Geothermiestrom mit dem Verhältnis von Umweltbelastungspunkten zu nicht erneuerbarem Primärenergiebedarf von Windkraftstrom multipliziert wurde.

Die Angaben zu den Treibhausgasemissionen stammen aus Pehnt (2006). Dort wird unter Einbezug der Vorketten 41 g CO₂-eq pro generierte kWh elektrische Energie ausgewiesen.

Strom aus geothermischen Kraftwerken, die nicht auf dem Hot-Dry-Rock-Verfahren basieren, kann einen deutlich anderen Primärenergiebedarf und insbesondere andere spezifische Treibhausgasemissionen aufweisen. Auch die Höhe der Gesamtumweltbelastung kann deutlich variieren.

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

Tab. 4.16 Datenquellen und Indikatoren für Strom und Wärme aus Geothermie; PE: Primärenergie; ne: nicht erneuerbar; f: fossil; n: nuklear; e: erneuerbar; tot: Total; THG: Treibhausgasemissionen; Werte sind noch nicht auf Strom und Wärme aufgeteilt.

Indikator	Wert pro MJ	Quelle / Herleitung
Primärenergie total	1.38 MJ Öl-eq	$PE_f + PE_n + PE_e$
Primärenergie fossil	0.21 MJ Öl-eq	$Spahr (1999), PE_{tot} Geothermie * PE_f Wind / PE_{tot} Wind$
Primärenergie nuklear	0.04 MJ Öl-eq.	$Spahr (1999), PE_{tot} Geothermie * PE_n Wind / PE_{tot} Wind$
Primärenergie erneuerbar	1.13 MJ Öl-eq.	Spahr (1999)
Umweltbelastungspunkte	53 UBP*21	$UBP Wind * PE_{ne} Geothermie / PE_{ne} Wind$
Treibhausgasemissionen	0.0114 kg CO ₂ -eq	Pehnt (2006)
Kohlendioxid, fossil	0.0103 kg	$Pehnt (2006), THG Geothermie * (CO_2 Wind / THG Wind)$

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 4'950 MWh eine mögliche Wärmeproduktion von 13'500 MWh mit einer Vorlauftemperatur von 70°C (Pehnt, 2006). Somit resultieren die in Tab. 4.17 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. 4.17 Allokationsfaktoren für Wärme und Strom aus der Geothermie

Technologie	Produkt	Allokationsfaktor
Heizkraftwerk Geothermie	Strom Geothermie	0.754
Heizkraftwerk Geothermie	Wärme Geothermie	0.246
Heizzentrale Geothermie	Wärme Geothermie	1 (keine Stromproduktion)

4.5.3 Verluste der verschiedenen Spannungsebenen

Die Übertragungs-, Verteilungs- und Transformationsverluste auf den verschiedenen Spannungsebenen bis und mit Niederspannung wurden für alle Datensätze gemäss der Situation im Jahr 2009 entsprechend Itten et al. (2014) bilanziert. Die Sachbilanzen der schweizerischen Stromnetzinfrastruktur basieren ebenfalls auf Itten et al. (2014).

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

Tab. 4.18 Eingabedaten der Strombereitstellung des Schweizer Verbrauchermix auf verschiedenen Spannungsebenen.

	Name	Location		Unit	electricity, high voltage, at grid	electricity, medium voltage, at grid	electricity, low voltage, at grid	Uncertainty Type	StandardDeviation95%	GeneralComment
		Infrastructure	Process		CH	CH	CH			
		Location Infrastructure	Process		CH	CH	CH			
		Unit			0	0	0			
					kWh	kWh	kWh			
product	electricity, high voltage, at grid	CH	0	kWh	1	0	0			
	electricity, medium voltage, at grid	CH	0	kWh	0	1	0			
	electricity, low voltage, at grid	CH	0	kWh	0	0	1			
technosphere	electricity mix	CH	0	kWh	1.03E+0			1	1.13	(3.1.2,1.1,3.BU:1.05); Specific network losses estimated based on statistics; Itten, Frischknecht & Stucki 2014
	electricity, high voltage, at grid	CH	0	kWh		1.01E+0		1	1.13	(3.1.2,1.1,3.BU:1.05); Specific network losses estimated based on statistics; Itten, Frischknecht & Stucki 2014
	electricity, medium voltage, at grid	CH	0	kWh			1.06E+0	1	1.13	(3.1.2,1.1,3.BU:1.05); Specific network losses estimated based on statistics; Itten, Frischknecht & Stucki 2014
	transmission network, electricity, high voltage	CH	1	km	6.82E-9			1	3.28	(3.2,5,3,1,5.BU:3); Assumed service life of the electricity grid: 40a; Long-distance transport included by assuming a distance of 50 km, a capacity of 1 GW and a load factor of 60%; Itten, Frischknecht & Stucki 2014
	transmission network, electricity, medium voltage	CH	1	km		1.86E-8		1	3.28	(3.2,5,3,1,5.BU:3); Assumed service life of the electricity grid: 40a; Itten, Frischknecht & Stucki 2014
	distribution network, electricity, low voltage	CH	1	km			8.74E-8	1	3.28	(3.2,5,3,1,5.BU:3); Assumed service life of the electricity grid: 40a; Itten, Frischknecht & Stucki 2014
	sulphur hexafluoride, liquid, at plant	RER	0	kg		5.57E-8	3.08E-9	1	1.23	(2,3,3,3,1,5.BU:1.05); Estimation based on SF6 emissions; Itten, Frischknecht & Stucki 2014
emission soil, unspecified	Heat, waste	-	-	MJ	5.04E-3	1.77E-3	1.01E-2	1	1.24	(2,4,1,1,1,5.BU:1.05); Estimation based on network losses;
emission air, unspecified	Heat, waste	-	-	MJ	9.58E-2	3.35E-2	1.93E-1	1	1.24	(2,4,1,1,1,5.BU:1.05); Estimation based on network losses;
	Dinitrogen monoxide	-	-	kg	5.00E-6			1	1.85	(3,4,5,3,1,5.BU:1.5); Literature estimation; Itten, Frischknecht & Stucki 2014
	Ozone	-	-	kg	4.50E-6			1	1.85	(3,4,5,3,1,5.BU:1.5); Literature estimation; Itten, Frischknecht & Stucki 2014
	Sulfur hexafluoride	-	-	kg		5.57E-8	3.08E-9	1	1.58	(2,3,3,3,1,5.BU:1.5); Estimation based on national statistics from Switzerland with an emission rate of 1.0%; Itten, Frischknecht & Stucki 2014

4.5.4 Schweizer Strommix

Für das Jahr 2018 wurden Sachbilanzdaten zu den folgenden Schweizer Strommischen erhoben:

1. Produktionsmix;
2. Lieferantenmix basierend auf Herkunftsnachweisen (HKN);
3. Mix der Stromprodukte auf Basis erneuerbarer Energien;
4. Verbrauchermix.

Die Sachbilanzdaten sind in Krebs und Frischknecht (2020a) dokumentiert, diejenigen zum Verbrauchermix in Frischknecht et al. (2020b).

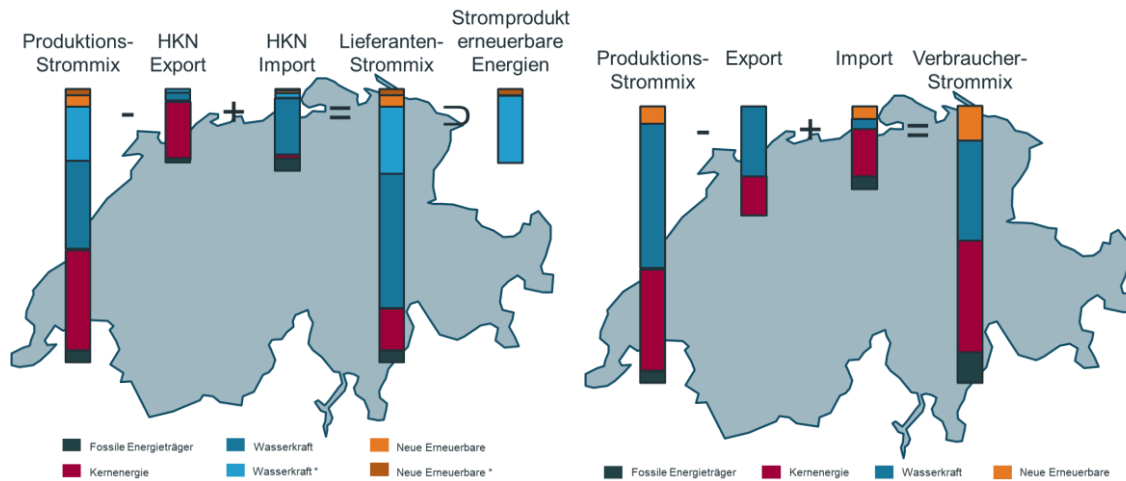


Fig. 4.1: Modelle für den Produktionsstrommix, den Lieferanten Strommix HKN, den Mix der Stromprodukte auf Basis erneuerbarer Energien (links) und den Verbrauchermix Schweiz 2018 (rechts); Quellen: Frischknecht et al. 2020b; Krebs & Frischknecht 2020a.

Der Produktionsstrommix enthält die Anteile der verschiedenen Stromerzeugungstechnologien an der gesamten Stromproduktion in der Schweiz (BFE 2019a, b). Der Lieferantenstrommix basierend auf HKN basiert auf der nationalen Erfassung der Entwertung von Herkunftsnachweisen und der Publikation der Jahresstatistik durch pronovo (Pronovo 2020). Der Mix von Stromprodukten auf Basis erneuerbarer Energien berücksichtigt diejenigen Produktionsmengen, die in dezidierten Stromprodukten aus erneuerbaren Energien separat verkauft werden. Der Verbrauchermix wird ermittelt, indem für jede einzelne Stunde im Jahr der Produktionsmix der inländischen Kraftwerke und das Produktionsvolumen bestimmt wird. Die je Stunde exportierte Strommenge wird in Abzug gebracht. Die je Stunde importierte Strommenge wird mit dem für die betreffende Stunde beobachteten Kraftwerksmix des Exportlandes abgebildet. Der Schweizer Verbrauchermix repräsentiert den unspezifischen Strommix. Dieser Strommix soll verwendet werden, falls keine näheren Informationen zur technologischen Zusammensetzung des Stroms verfügbar sind.

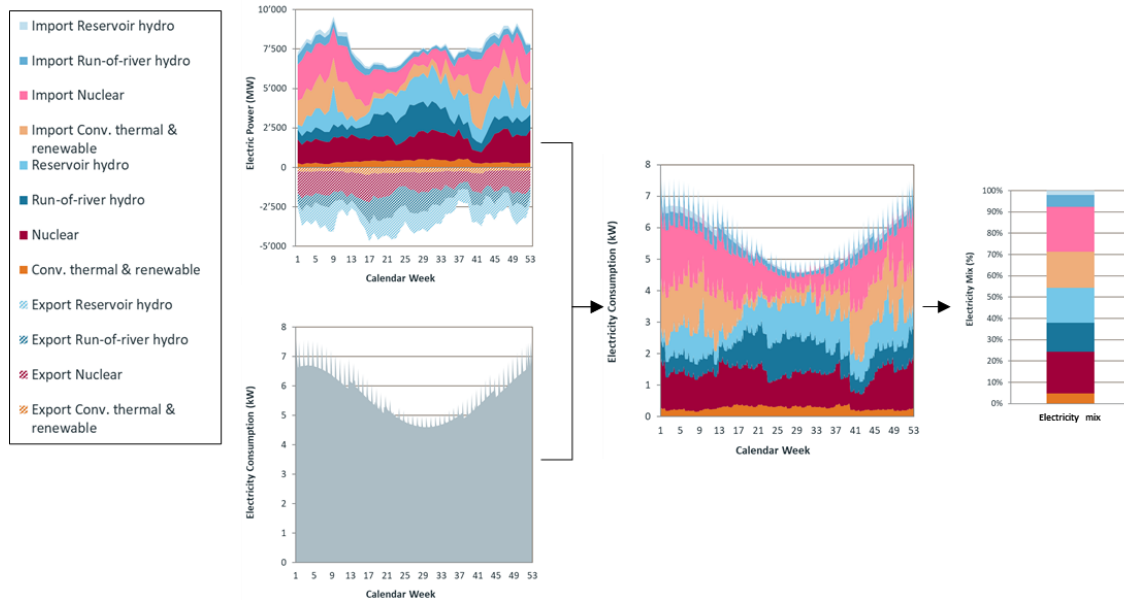


Fig. 4.2: Der Verbrauchermix Schweiz 2018, ermittelt aus der Jahressumme der Stundenwerte von Inlandproduktion, Export und Landesstrommische der Importe; (Frischknecht et al. 2020b)

Im Verbrauchermix stammen knapp 40 % aus Kernkraftwerken (rund die Hälfte davon aus dem Inland), und rund ein Drittel aus Wasserkraft (82 % inländisch). Der Anteil von Strom aus fossilen Kraftwerken liegt bei rund 10 % (siehe Tab. 4.19).

Tab. 4.19 Verbrauchermix Schweiz 2018 basierend auf der Integration der Stundenwerte von Produktion und kommerziellem Handel (zusammenfassende Darstellung), gemäss Frischknecht et al. (2020b).

Technologie	Anteile	davon Inland
Braunkohle	2.6%	0.0%
Steinkohle	2.3%	0.0%
Erdgas	4.1%	0.0%
übrige Fossile	1.1%	0.5%
Kernenergie	39.9%	19.6%
Pumpspeicherkraftwerke	3.2%	2.1%
Biomasse	2.8%	1.5%
Wasserkraft	34.9%	28.5%
Windkraft	4.9%	0.1%
Photovoltaik	3.0%	1.7%
Abfall	1.3%	0.9%
Total	100.0%	55.0%

Der Lieferantenstrommix 2018 basierend auf Herkunftsnachweisen setzte sich im wesentlichen aus 73 % Wasserkraft (davon 77 % inländisch), 18 % Kernenergie (praktisch

100 % Inland), knapp 7 % Strom unbekannter Herkunft und rund 5 % aus neuen erneuerbaren Energien zusammen (Tab. 4.20).

Tab. 4.20 Produktionsmix, Lieferantenmix basierend auf HKN und, Mix der Stromprodukte aus erneuerbaren Energien in der Schweiz im Jahr 2018 gemäss Krebs und Frischknecht (2020a).

Technologie	Produktions-Strommix (absolut)	Produktions-Strommix	Lieferanten-Strommix HKN	Stromprodukt aus erneuerbaren Energien
Einheit	GWh	%	%	%
Inlandproduktion	67'633.0	100.00%	74.06%	98.94%
Erneuerbare Energien	41'319.3	61.09%	60.86%	98.94%
Wasserkraft	37'428.0	55.34%	56.00%	94.40%
<i>Laufwasserkraft</i>	13'508.0	19.97%	22.62%	34.07%
<i>Speicherwasserkraft</i>	17'950.1	26.54%	0.00%	0.00%
<i>Speicherwasserkraft (zertifiziert)</i>	0.0	0.00%	27.68%	51.75%
<i>Kleinwasserkraft</i>	3'400.0	5.03%	5.69%	8.58%
<i>Pumpspeicherkraft</i>	2'569.9	3.80%	0.00%	0.00%
Andere erneuerbare Energien	3'891.3	5.75%	4.86%	4.54%
<i>Sonne</i>	1'942.2	2.87%	2.37%	2.66%
<i>Wind</i>	121.8	0.18%	0.22%	0.75%
<i>Holz</i>	302.5	0.45%	0.42%	0.51%
<i>Biogas Landwirtschaft</i>	138.5	0.20%	0.20%	0.24%
<i>Biogas Industrie</i>	213.2	0.32%	0.31%	0.37%
<i>Biomasse KVA</i>	1'173.1	1.73%	1.34%	0.00%
<i>Geothermie</i>	0.0	0.00%	0.00%	0.00%
Nicht erneuerbare Energien	25'058.9	37.05%	18.63%	0.00%
Kernenergie	24'414.0	36.10%	18.37%	0.00%
<i>Druckwasserreaktor</i>	13'652.0	20.19%	10.27%	0.00%
<i>Siedewasserreaktor</i>	10'762.0	15.91%	8.10%	0.00%
Fossile Energieträger	644.9	0.95%	0.26%	0.00%
<i>Erdöl</i>	19.9	0.03%	0.02%	0.00%
<i>Erdgas</i>	625.0	0.92%	0.23%	0.00%
<i>Steinkohle</i>	0.0	0.00%	0.00%	0.00%
<i>Braunkohle</i>	0.0	0.00%	0.00%	0.00%
Abfälle	1'254.9	1.86%	1.01%	0.00%
Nicht überprüfbare Energieträger	0.0	0.00%	0.00%	0.00%
Strombedarf Pumpenstrom	0.0	0.00%	-6.43%	0.00%
Import	0.0	0.00%	25.94%	1.06%
Erneuerbare Energien	0.0	0.00%	17.69%	1.06%
Wasserkraft	0.0	0.00%	16.95%	0.00%
<i>Laufwasserkraft</i>	0.0	0.00%	14.24%	0.00%
<i>Speicherwasserkraft</i>	0.0	0.00%	2.71%	0.00%
<i>Kleinwasserkraft</i>	0.0	0.00%	0.00%	0.00%
Andere erneuerbare Energien	0.0	0.00%	0.73%	1.06%
<i>Sonne</i>	0.0	0.00%	0.01%	0.00%
<i>Wind</i>	0.0	0.00%	0.40%	1.06%
<i>Holz</i>	0.0	0.00%	0.00%	0.00%
<i>Biogas Landwirtschaft</i>	0.0	0.00%	0.00%	0.00%
<i>Biogas Industrie</i>	0.0	0.00%	0.00%	0.00%
<i>Biomasse KVA</i>	0.0	0.00%	0.00%	0.00%
<i>Geothermie</i>	0.0	0.00%	0.32%	0.00%
Nicht erneuerbare Energien	0.0	0.00%	1.60%	0.00%
Kernenergie	0.0	0.00%	0.03%	0.00%
<i>Druckwasserreaktor</i>	0.0	0.00%	0.03%	0.00%
<i>Siedewasserreaktor</i>	0.0	0.00%	0.00%	0.00%
Fossile Energieträger	0.0	0.00%	1.56%	0.00%
<i>Erdöl</i>	0.0	0.00%	0.00%	0.00%
<i>Erdgas</i>	0.0	0.00%	0.46%	0.00%
<i>Steinkohle</i>	0.0	0.00%	1.11%	0.00%
<i>Braunkohle</i>	0.0	0.00%	0.00%	0.00%
Abfälle	0.0	0.00%	0.00%	0.00%
Nicht überprüfbare Energieträger	0.0	0.00%	6.65%	0.00%
Total	67'633.0	100.00%	100.00%	100.00%

5 Sachbilanzen Energie am Ausgang Energiewandler

5.1 Brenn- und Treibstoffe

Die zur Berechnung der Umweltauswirkungen von Brenn- und Treibstoffen am Ausgang Energiewandler verwendeten Datensätze sind in Tab. 5.1 aufgelistet. Die Sachbilanzen zu den Treibstoffen wurden für die mobitool-Faktoren v2.0 beziehungsweise v2.1 (Aktualisierung Elektroauto und Flugtransporte) erhoben und sind in Stolz et al. (2016) und Krebs und Frischknecht (2020b) beschrieben.

Tab. 5.1 Übersicht der Brenn- und Treibstoffe und der entsprechenden Sachbilanzdatensätze;
CH: Schweiz; RER: Europa
¹⁾: keine Unterscheidung mehr zwischen mit/ohne Partikelfilter

Energieträger/Technologie	Datensatzname	Lokalität
Wärme Elektrospeicherofen (Strom CH)	heat at electric storage heater, 5kW, CH electricity mix	CH
Wärme Elektrospeicherofen (Strom CH zertifiziert)	heat at electric storage heater, 5kW, CH certified electricity	CH
Wärme Heizöl EL	Heat, light fuel oil, at boiler 100kW condensing, non-modulating	CH
Wärme Erdgas	heat, natural gas, at boiler condensing modulating 50kW	CH
Wärme Propan/Butan	heat, propane/butane, at boiler condensing modulating 50kW	CH
Wärme Kohle Koks	Heat, hard coal coke, at stove 5-15kW	CH
Wärme Kohle Brikett	Heat, hard coal briquette, at stove 5-15kW	CH
Wärme Stückholz ¹⁾	heat, mixed logs, at furnace 50kW	CH
Wärme Holzschnitzel ¹⁾	heat, hardwood chips from forest, at furnace 50kW	CH
Wärme Pellets ¹⁾	heat, wood pellets, at furnace 50kW	CH
Wärme Biogas	heat, biomethane, at boiler condensing modulating 50kW	CH
Transport Diesel Lastwagen	transport, freight, lorry, fleet average	CH
Aushub mit Baumaschine	excavation, hydraulic digger, average	CH
Transport Diesel Personewagen	transport, passenger car, diesel, fleet average	CH
Transport Benzin Personewagen	transport, passenger car, petrol, fleet average	CH
Transport Erdgas Personewagen	Transport, passenger car, natural gas	CH
Personenwagen, elektrisch, Strom CH-Verbraucher mix	transport, passenger car, electric, LiNCM	CH
Personenwagen, elektrisch, Mix Stromprodukte aus erneuerbaren Energien	transport, passenger car, electric, LiNCM, certified electricity	CH
Transport Scooter	Transport, scooter	CH

Energieträger/Technologie	Datensatzname	Lokalität
Flugzeug, Durchschnitt	transport, aircraft, passenger	RER
Flugzeug, Kurzstrecke	transport, aircraft, passenger, short-haul	RER
Flugzeug, Mittelstrecke	transport, aircraft, passenger, medium-haul	RER
Flugzeug, Langstrecke	transport, aircraft, passenger, long-haul	RER
Transport Biogas Personenvagen	Transport, passenger car, methane, 96 vol-%, from biogas	CH

5.2 Wärme am Gebäudestandort

Die zur Berechnung der Umweltauswirkungen von Wärme am Gebäudestandort verwendeten Datensätze sind in Tab. 5.2 aufgelistet.

Tab. 5.2 Übersicht der Datensätze zu Wärme am Gebäudestandort; CH: Schweiz; RER: Europa; EFH: Einfamilienhaus; MFH: Mehrfamilienhaus; RH: Raumheizung; WW: Warmwasser; JAZ: Jahresarbeitszahl.

Energieträger/Technologie	Datensatzname	Lokalität
Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Altbau, JAZ 2.7, Strom CH)	heat, at heat pump, air-water, 15kW, CH electricity, in old building (proj. 210)	CH
Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Altbau, JAZ 2.7, Strom CH zertifiziert)	heat, at heat pump, air-water, 15kW, certified electricity, in old building (proj. 210)	CH
Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Neubau, JAZ 4.4, Strom CH)	heat, at heat pump, air-water, 15kW, CH electricity, in new building (proj. 210)	CH
Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Neubau, JAZ 4.4, Strom CH zertifiziert)	heat, at heat pump, air-water, 15kW, certified electricity, in new building (proj. 210)	CH
Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH)	heat, at borehole heat pump, brine-water, 15kW, CH electricity, in old building	CH
Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH zertifiziert)	heat, at borehole heat pump, brine-water, 15kW, cert. electr., in old building	CH
Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH)	heat, at borehole heat pump, brine-water, 15kW, CH electricity, in new building	CH
Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH zertifiziert)	heat, at borehole heat pump, brine-water, 15kW, cert. electr., in new building	CH
Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH)	heat, at groundwater heat pump, brine-water, 15kW, CH electr., in old building	CH
Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH zertifiziert)	heat, at groundwater heat pump, brine-water, 15kW, cert. elec., in old building	CH
Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH)	heat, at groundwater heat pump, brine-water, 15kW, CH electr., in new building	CH

Energieträger/Technologie	Datensatzname	Lokalität
Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH zertifiziert)	heat, at groundwater heat pump, brine-water, 15kW, cert. elec., in new building	CH
Flachkollektor für Warmwasser EFH	heat, at 5 m2 Cu collector, one-family house, for hot water	CH
Flachkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	heat, at 12 m2 Cu collector, one-family house, for combined system	CH
Flachkollektor für Warmwasser MFH	heat, at 30 m2 Cu collector, multiple dwelling, slanted roof, for hot water	CH
Röhrenkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	heat, at 10.5 m2 evacuated tube collector, glass-glass tube, one-family house, for combined system	CH
Kleinblockheizkraftwerk, Erdgas	heat, at cogen 15kWth, natural gas, allocation exergy/MJ	CH
Solarthermieanlage Schrägdach mit Erdsondenregeneration	heat, at 100m2 solar collector in PVT system, Al-Cu, slanted roof, borehole for heat regeneration	CH
Solarthermieanlage Schrägdach mit Warmwasserspeicher	heat, at 100m2 solar collector in PVT system, Al-Cu, slanted roof, hot water heat storage	CH

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

5.3 Elektrizitätserzeugung am Gebäudestandort

Die Umweltauswirkungen von Strom, der am Gebäudestandort erzeugt (und verwendet) wird, werden mit den in Tab. 5.3 aufgelisteten Datensätzen ermittelt.

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

Technologie	Datensatzname	Lokalität
Photovoltaik	electricity, low voltage, production from photovoltaic, at house	CH
Photovoltaik Schrägdach	electricity, low voltage, photovoltaic mix slanted-roof, at house	CH
Photovoltaik Flachdach	electricity, low voltage, photovoltaic mix flatroof, at house	CH
Photovoltaik Fassade	electricity, low voltage, photovoltaic mix facade, at house	CH
Photovoltaik Schrägdach Mono-Si	electricity, low voltage, PV, at 3kWp slanted-roof, single-Si, panel, mounted, at house	CH
Photovoltaik Schrägdach Multi-Si	electricity, low voltage, PV, at 3kWp slanted-roof, multi-Si, panel, mounted, at house	CH
Photovoltaik Schrägdach CdTe	electricity, low voltage, PV, at 3kWp slanted-roof, CdTe, panel, mounted, at house	CH
Photovoltaik Schrägdach CIS	electricity, low voltage, PV, at 3kWp slanted-roof, CIS, panel, mounted, at house	CH
Photovoltaik Mono-Si in Hybridkollektor	electricity, PV in PVT-System, 16.7kWp, single-Si, slanted-roof	CH
Windkraft	electricity, low voltage, production from wind power, at house	CH

Technologie	Datensatzname	Lokalität
Biogas	electricity, at cogen 300kWth, biomethane, allocation exergy	CH
Biogas, Landwirtschaft	electricity, low voltage, production from biogas, at house	CH
Kleinblockheizkraftwerk, Erdgas	electricity, at cogen 15kWth, natural gas, allocation exergy	CH
Kleinblockheizkraftwerk, Biogas	electricity, at cogen 15kWth, biomethane, allocation exergy	CH

Strom am Gebäudestandort wird entweder mit Fotovoltaik, Wind, einem Erdgas-Kleinblockheizkraftwerk, oder mit einem Biogas-Blockheizkraftwerk produziert.

In diesen Datensätzen sind keine Aufwendungen für Transmission, Spannungstransformation, Verteilung oder Leitungsinfrastruktur bilanziert. 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

6.1 Kollektoranlagen

Die Sachbilanzen zu Kollektoranlagen pro Quadratmeter Kollektor stammen aus Stucki und Jungbluth (2010), diejenigen zu den Hybridkollektoren wurden von Kägi et al. (2021) erhoben. Die zur Berechnung der Umweltauswirkungen von Wärme aus Kollektoranlagen verwendeten Datensätze sind in Tab. 6.1 aufgelistet.

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

Wärmeerzeugung	Name des Datensatzes	Lokalität
Cu-Kollektoranlage, EFH, für Warmwasser	solar system, 5 m ² Cu flat plate collector, one-family house, hot water	CH
Vakuümrohrenkollektor, 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
Hybridkollektor Schrägdach mit Erdsondenregeneration	hybrid collector, slanted roof, borehole regeneration	CH
Hybridkollektor Schrägdach mit Warmwasserspeicher	hybrid collector, slanted roof, hot water heat storage	CH

Um den Primärenergiebedarf und die Umweltauswirkungen pro m² Kollektorfläche zu berechnen, wurden die Aufwendungen für die Herstellung eines Kollektors berechnet und durch die Kollektorfläche geteilt. Für die Berechnungen wurden Aufwendungen für die Herstellung, die Montage und die Entsorgung, nicht aber für den Betrieb der Kollektoren berücksichtigt.

6.2 Fotovoltaikanlagen

Die Sachbilanzen von Fotovoltaikanlagen pro Kilowatt-Peak (kWp) installierte Leistung basieren auf Frischknecht et al. (2020a). Die zur Berechnung der Umweltauswirkungen von Strom aus Fotovoltaikanlagen verwendeten Datensätze sind in Tab. 6.2 aufgelistet.

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

Technologie	Datensatzname	Lokalität
Schrägdachanlage, 3 kWp, CdTe, integriert	3kWp slanted-roof installation, CdTe, laminated, integrated, on roof	CH
Schrägdachanlage, 3 kWp, CdTe, Paneel	3kWp slanted-roof installation, CdTe, panel, mounted, on roof	CH
Schrägdachanlage, 3 kWp, CIS, integriert	3kWp slanted-roof installation, CIS, laminated, integrated, on roof	CH
Schrägdachanlage, 3 kWp, CIS, Paneel	3kWp slanted-roof installation, CIS, panel, mounted, on roof	CH
Schrägdachanlage, 3 kWp, micro-Si, integriert	3kWp slanted-roof installation, micro-Si, laminated, integrated, on roof	RER
Schrägdachanlage, 3 kWp, micro-Si, Paneel	3kWp slanted-roof installation, micro-Si, panel, mounted, on roof	RER
Schrägdachanlage, 93 kWp, single-Si, integriert	93 kWp slanted-roof installation, single-Si, laminated, integrated, on roof	CH
Schrägdachanlage, 93 kWp, single-Si, Paneel	93 kWp slanted-roof installation, single-Si, panel, mounted, on roof	CH
Schrägdachanlage, 93 kWp, multi-Si, integriert	93 kWp slanted-roof installation, multi-Si, laminated, integrated, on roof	CH
Schrägdachanlage, 93 kWp, multi-Si, Paneel	93 kWp 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
Flachdachanlage, 156 kWp, single-Si	156 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

Um den Primärenergiebedarf und die Umweltauswirkungen pro m² Fläche der Fotovoltaikanlage zu berechnen, wurden die Aufwendungen für die Herstellung einer Fotovoltaikanlage berechnet und durch die Fläche der Fotovoltaikmodule geteilt. Für die Berechnungen wurden Aufwendungen für die Herstellung und die Montage, nicht aber für den Betrieb der Fotovoltaikanlagen berücksichtigt.

Die Fotovoltaikanlagen wurden anschliessend in die vier Installationstypen Fotovoltaik, Fotovoltaik Schrägdach, Fotovoltaik Flachdach und Fotovoltaik Fassade gruppiert. Die einzelnen Technologien innerhalb eines Installationstyps werden entsprechend ihren Anteilen am Schweizer Fotovoltaikmix aggregiert (siehe Tab. 6.3). Zudem wurden Technologie-spezifische Datensätze erstellt für Aufdach-Anlagen mit kristallinen Silizium- und Dünnschicht-Panels.

Tab. 6.3 Modulfläche der Fotovoltaikanlagen und deren Anteile an den Mixen Fotovoltaik, Fotovoltaik Schrägdach, Fotovoltaik Flachdach und Fotovoltaik Fassade gemäss Frischknecht et al. (2020a).

Anlagentyp		Lokalität	Anlagegrösse in m ²	Anteil Fotovoltaik-Mix	Anteil Installationstyp	
Photovoltaikanlage	Photovoltaik	CH		100.00%		
	Photovoltaik Schrägdach	CH			100.00%	
	Schrägdachanlage, 3 kWp, CdTe, integriert	CH	16.7	0.94%	1.91%	
	Schrägdachanlage, 3 kWp, CdTe, Paneel	CH	16.7	1.42%	2.88%	
	Schrägdachanlage, 3 kWp, CIS, integriert	CH	18.8	0.78%	1.58%	
	Schrägdachanlage, 3 kWp, CIS, Paneel	CH	18.8	1.17%	2.38%	
	Schrägdachanlage, 3 kWp, micro-Si, integriert	RER	30.0	0.12%	0.25%	
	Schrägdachanlage, 3 kWp, micro-Si, Paneel	RER	30.0	0.19%	0.38%	
	Schrägdachanlage, 93 kWp, single-Si, integriert	CH	476.9	4.30%	8.73%	
	Schrägdachanlage, 93 kWp, single-Si, Paneel	CH	476.9	6.50%	13.20%	
	Schrägdachanlage, 93 kWp, multi-Si, integriert	CH	516.7	8.12%	16.48%	
	Schrägdachanlage, 93 kWp, multi-Si, Paneel	CH	516.7	12.27%	24.92%	
	Schrägdachanlage, 3 kWp, single-Si, integriert	CH	15.4	1.85%	3.76%	
	Schrägdachanlage, 3 kWp, single-Si, Paneel	CH	15.4	2.80%	5.69%	
	Schrägdachanlage, 3 kWp, multi-Si, integriert	CH	16.7	3.50%	7.10%	
	Schrägdachanlage, 3 kWp, multi-Si, Paneel	CH	16.7	5.29%	10.74%	
	Photovoltaik Flachdach	Photovoltaik Flachdach	CH			100.00%
Flachdachanlage, 156 kWp, single-Si		CH	800	11.05%	21.93%	
Flachdachanlage, 156 kWp, multi-Si		CH	867	20.87%	41.40%	
Flachdachanlage, 3 kWp, single-Si		CH	15.4	6.40%	12.70%	
Flachdachanlage, 3 kWp, multi-Si		CH	16.7	12.08%	23.97%	
Photovoltaik Fassade		Photovoltaik Fassade	CH			100.00%
		Fassadenanlage, 3 kWp, single-Si, integriert	CH	15.4	0.04%	11.54%
		Fassadenanlage, 3 kWp, single-Si, Paneel	CH	15.4	0.08%	23.08%
		Fassadenanlage, 3 kWp, multi-Si, integriert	CH	16.7	0.07%	21.79%
		Fassadenanlage, 3 kWp, multi-Si, Paneel	CH	16.7	0.15%	43.58%

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

7.1 Heizungsanlagen

Die Sachbilanzen von Heizungsanlagen pro Quadratmeter Energiebezugsfläche (EBF) des Gebäudes, pro Stück, pro Meter Erdsonde oder pro kg Wärmepumpe wurden von Primas (2008), Klingler et al. (2014) beziehungsweise Kägi et al. (2021) erstellt. Die zur Berechnung der Umweltauswirkungen von Heizungsanlagen verwendeten Datensätze sind in Tab. 7.1 aufgelistet.

Tab. 7.1 Übersicht der verschiedenen Heizungsanlagen; CH: Schweiz; basierend auf (1) Primas (2008), (2) Klingler et al. (2014) und (3) Kägi et al. (2021).

Heizungsanlage	Datensatzname	Lokali-tät	Quelle
Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m ²	heat production system, specific heat demand 10W	CH	1
Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m ²	heat production system, specific heat demand 30W	CH	1
Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 50 W/m ²	heat production system, specific heat demand 50W	CH	1
Elektrospeicherofen 5kW	electric storage heater, per kg	CH	3
Erdsonden, für Sole-Wasser-Wärmepumpe	Borehole heat exchanger, per m	CH	3
Förder- und Schluckbrunnen für Grundwasser Wärmepumpe	delivery and return well for groundwater heat pump, 9m, CH	CH	3
Sole-Wasser Wärmepumpe 7 kW	heat pump, brine-water, 7kW	RER	3
Sole-Wasser Wärmepumpe 7 kW	heat pump, brine-water, per kg	CH	3
Luft-Wasser Wärmepumpe 7 kW	heat pump, air-water, 7kW	RER	3
Luft-Wasser Wärmepumpe 7 kW	heat pump, air-water, per kg	CH	3
Verteilung Wohngebäude	production of heat distribution system, apartment building	CH	2
Verteilung Bürogebäude	production of heat distribution system, office building	CH	2
Abgabe über Heizkörper	production of heat dissipation system with radiator	CH	2
Abgabe über Fussbodenheizung	production of heat dissipation system with floor heating	CH	2
Abgabe über Heizkühldecke (ohne Gips- oder Metalldecke)	production of heat dissipation system with heating-cooling ceiling	CH	2
Wärmeverteilung, Luftheizung	heat distribution system, air heating, specific heat demand 10W	CH	2

7.2 Lüftungsanlagen

Die Sachbilanzen von Lüftungsanlagen pro Quadratmeter Energiebezugsfläche (EBF) des Gebäudes oder pro Stück wurden von Primas (2008) und Klingler et al. (2014) erstellt. Die zur Berechnung der Umweltauswirkungen von Lüftungsanlagen verwendeten Datensätze sind in Tab. 7.2 aufgelistet.

Tab. 7.2 Übersicht der verschiedenen Lüftungsanlagen; CH: Schweiz; basierend auf (1) Primas (2008) und (2) Klingler et al. (2014).

Lüftungsanlage	Datensatzname	Lokalität	Quelle
Einzelraumlüfter Fenstermodell 10-30 m ³ /h, ohne Montage	single room ventilator with heat recovery window frame model	CH	2
Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft	ventilation system, average for apartment buildings, steel ducts, without GHE	CH	1
Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft	ventilation system, average for apartment buildings, PE ducts, without GHE	CH	1
Abluftanlage Küche und Bad	exhaust air system for kitchen and bathroom in apartment buildings	CH	1
Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen	ground heat exchanger for apartment buildings, PE ducts	CH	1
Erdregister kurz zu Lüftungsanlage Büro (0.27 m ² /m ² EBF)	ground heat exchanger for office buildings, short: 0.267 m	CH	1
Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m ² /m ² EBF)	ground heat exchanger for office buildings, long: 0.667 m	CH	1
Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 1 m ³ /(h m ²)	ventilation system, centralized, average for 1 m ³ /(h m ²)	CH	2
Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 2 m ³ /(h m ²)	ventilation system, centralized, average for 2 m ³ /(h m ²)	CH	2
Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 4 m ³ /(h m ²)	ventilation system, centralized, average for 4 m ³ /(h m ²)	CH	2
Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 6 m ³ /(h m ²)	ventilation system, centralized, average for 6 m ³ /(h m ²)	CH	2
Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 8 m ³ /(h m ²)	ventilation system, centralized, average for 8 m ³ /(h m ²)	CH	2

7.3 Sanitäranlagen

Die Sachbilanzen von Sanitäranlagen pro Quadratmeter Energiebezugsfläche (EBF) des Gebäudes wurden von Klingler und Kasser (2011) erstellt. Die zur Berechnung der Umweltauswirkungen von Sanitäranlagen verwendeten Datensätze sind in Tab. 7.3 aufgelistet.

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

Sanitäranlagen	Datensatzname	Lokalität
Büro, einfache Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	office, simple sanitary installation, incl. appliances and pipes, construction	CH
Büro, einfache Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	office, simple sanitary installation, incl. appliances and pipes, deconstruction	CH
Büro, aufwändige Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	office, complex sanitary installation, incl. appliances and pipes, construction	CH
Büro, aufwändige Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	office, complex sanitary installation, incl. appliances and pipes, deconstruction	CH
Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	EKG I, sanitary facilities, residential building, construction/m2	CH
Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	EKG I, sanitary facilities, residential building, deconstruction	CH

7.4 Elektroanlagen

Die Sachbilanzen von Elektroanlagen pro Quadratmeter Energiebezugsfläche (EBF) des Gebäudes wurden von Klingler und Kasser (2011) erstellt. Die zur Berechnung der Umweltauswirkungen von Sanitäranlagen verwendeten Datensätze sind in Tab. 7.4 aufgelistet.

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

Elektroanlagen	Datensatzname	Lokalität
Büro, Erstellung	EKG I, electrical system, office building, construction	CH
Büro, Rückbau	EKG I, electrical system, office building, deconstruction	CH
Wohnen, Erstellung	EKG I, electrical system, residential building, construction	CH
Wohnen, Rückbau	EKG I, electrical system, residential building, deconstruction	CH

8 Literatur

- 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.
- BFE (2019a) Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien Ausgabe 2018. Bundesamt für Energie, Bern, retrieved from: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/teilstatistiken.html>.
- BFE (2019b) Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2018. Bundesamt für Energie BFE, Bern, CH, retrieved from: <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/gesamtenergiestatistik.html>.
- Doka G. (2013) Updates to Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services - part II: waste incineration. Doka Life Cycle Assessments, Zürich, Switzerland.
- Doka G. (2020) Two models for waste-specific and climate-specific life cycle inventories of excavation material landfills and construction & demolition waste landfills., Doka Life Cycle Assessments, Zurich, Switzerland. Commissioned by Swiss Federal Office for the Environment (FOEN), retrieved from: <http://www.doka.ch/publications.htm>.
- 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.
- Flury K. and Frischknecht R. (2012) Life Cycle Inventories of Hydroelectric Power Generation. ESU-services Ltd., Uster, retrieved from: www.lc-inventories.ch.
- Frischknecht R., Stolz P., Krebs L., de Wild-Scholten M., Sinha P. and Raugei M. (2020a) Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessments of Photovoltaic Systems, Report T12-19:2020. International Energy Agency (IEA) PVPS Task 12.
- Frischknecht R., Alig M. and Stolz P. (2020b) Electricity Mixes in Life Cycle Assessments of Buildings. treeze Ltd., Uster.
- Frischknecht R. and Krebs L. (2021a) Energieetikette für Personenwagen: Umweltkennwerte 2021 der Strom- und Treibstoffbereitstellung. treeze Ltd., Uster, CH.
- Frischknecht R. and Krebs L. (2021b) Life Cycle Inventories of Air Transport Services; Update and Completion 2021. treeze Ltd., Uster.
- 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 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.
- Jungbluth N. and Meili C. (2018) Life cycle inventories of oil products distribution. ESU-services GmbH, Schaffhausen.
- Jungbluth N., Meili C. and Wenzel P. (2018a) Life cycle inventories of oil refinery processing and products. ESU-services GmbH, Schaffhausen.
- Jungbluth N., Wenzel P. and Meili C. (2018b) Life cycle inventories of oil heating systems. ESU-services GmbH, Schaffhausen.

- Kägi T., Waldburger L., Kern C., Roberts G., Zschokke M., Conte F. and Weber L. (2021) Life cycle inventories of heating systems; Heat from natural gas, biomethane, district heating, electric heating, heat pumps, PVT, wood, cogeneration. Carbotech AG, Basel and Zürich, Switzerland.
- Kägi T., Zschokke M. and Dinkel F. (2022) Life Cycle Inventories for Biogas and Biomethane processes. Carbotech AG, Zürich.
- KBOB, eco-bau and IPB (2016) KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2016; Grundlage für die KBOB-Empfehlung 2009/1:2016: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand 2016. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: www.ecoinvent.org.
- KBOB, ecobau and IPB (2022a) UVEK Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: www.lc-inventories.ch.
- KBOB, ecobau and IPB (2022b) KBOB-Empfehlung 2009/1:2022: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand Februar 2022. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: <http://www.bbl.admin.ch/kbob/00493/00495/index.html?lang=de>.
- 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 M., Kasser U., Savi D., Primas A., Stettler Y. and Gujer P. (2014) Ökobilanzdaten für Lüftungs- und Wärmeanlagen; Schlussbericht. Büro für umweltchemie und Basler & Hofmann AG im Auftrag des Bundesamtes für Energie, BFE, Zürich / Bern, retrieved from: www.bfe.admin.ch/dokumentation/00459/?lang=de.
- Klingler M. and Savi D. (2021) Harmonisierte Ökobilanzen der Entsorgung von Baustoffen. Büro für Umweltchemie, Zürich, Schweiz.
- Krebs L. and Frischknecht R. (2020a) Umweltbilanz Strommixe Schweiz 2018. treeze Ltd., Uster.
- Krebs L. and Frischknecht R. (2020b) Aktualisierung Ökobilanzdaten mobitool 2020, Teil 1. treeze, Schweizerische Bundesbahnen SBB, Bundesamt für Energie BFE, Bundesamt für Umwelt BAFU, Swisscom, Öbu, mobitool, Uster und Bern.
- Meili C., Jungbluth N. and Annaheim J. (2018a) Life cycle inventories of crude oil extraction. ESU-services GmbH, Schaffhausen.
- Meili C., Jungbluth N. and Wenzel P. (2018b) Life cycle inventories of long-distance transport of crude oil. ESU-services GmbH, Schaffhausen.
- Messmer A. and Frischknecht R. (2016a) Life Cycle Inventories of Water Transport Services. treeze Ltd., Uster.
- Messmer A. and Frischknecht R. (2016b) Life cycle inventories of rail transport services. treeze Ltd., Uster.
- Messmer A. and Frischknecht R. (2016c) Life Cycle Inventories of Air Transport Services. treeze Ltd., Uster.
- Messmer A. and Frischknecht R. (2016d) Umweltbilanz Strommix Schweiz 2014. treeze Ltd., Uster.
- Pehnt M. (2006) Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies. In: *Renewable Energy*, **31**, pp. 55-71.

- PRé Consultants (2021) SimaPro 9.2.0.2, Amersfoort, NL.
- Primas A. (2008) Ökologische Bewertung von Gebäudetechnikanlagen für SIA 2032. Basler & Hofmann AG im Auftrag des Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, Zürich.
- Pronovo (2020) Cockpit Stromkennzeichnung Schweiz, Stand Februar 2020. Pronovo AG, Frick, retrieved from: <https://pronovo.ch/de/services/berichte/>.
- 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 A. (1999) Schaffung einer Grundlage für Aussagen über die Gesamtenergiebilanz in HDR/HWR-Systemen, Lausanne.
- Stolz P. and Frischknecht R. (2015) Umweltbilanz Strommix Schweiz 2011. treeze Ltd., Uster, CH.
- Stolz P. and Frischknecht R. (2016a) Energieetikette für Personenwagen: Umweltkennwerte 2016 der Strom- und Treibstoffbereitstellung. treeze Ltd., Uster, CH.
- Stolz P., Messmer A. and Frischknecht R. (2016) Life Cycle Inventories of Road and Non-Road Transport Services. treeze Ltd., Uster CH.
- Stolz P. and Frischknecht R. (2016b) Life Cycle Inventories of Aluminium and Aluminium Profiles. treeze Ltd., Uster, CH.
- Stolz P. and Frischknecht R. (2019) Energieetikette für Personenwagen: Umweltkennwerte 2019 der Strom- und Treibstoffbereitstellung. treeze Ltd., Uster, CH.
- Stucki M. and Jungbluth N. (2010) Update of the Life Cycle Inventories of Solar Collectors. ESU-services Ltd., Uster, CH.
- Werner F. (2017) Background report for the life cycle inventories of wood and wood based products for updates of ecoinvent 2.2. Werner Environment & Development, Zürich, CH.
- Werner F. (2020) Complementary life cycle inventories for wood products. Werner Environment and Development, Zürich, Switzerland.
- Zschokke M., Bolt P. and Conrad S. (2021) Life cycle inventories of steel and iron processes. Carbotech AG, Basel and Zürich, Switzerland.

A Anhang: Verwendete Datensätze

Tab. A.1 Datensätze zur Berechnung der Umweltauswirkungen und Primärenergiefaktoren von Energiesystemen sowie ID-Nummer und Bezeichnung gemäss der KBOB-Empfehlung 2009/1:2022 (KBOB et al. 2022b)

ID-Nr.	Bezeichnung	Datensatz
43.013	Elektrospeicherofen (Strom CH)	heat at electric storage heater, 5kW, CH electricity mix/CH U
43.014	Elektrospeicherofen (Strom CH zertifiziert)	heat at electric storage heater, 5kW, CH certified electricity/CH U
43.001	Heizkessel Heizöl EL	Heat, light fuel oil, at boiler 100kW condensing, non-modulating/MJ/CH U
43.002	Heizkessel Erdgas	heat, natural gas, at boiler condensing modulating 50kW/MJ/CH U
43.003	Heizkessel Propan / Butan	heat, propane/butane, at boiler condensing modulating 50kW/MJ/CH U
43.004	Heizkessel Kohle Koks	Heat, hard coal coke, at stove 5-15kW/RER U
43.005	Heizkessel Kohle Briquet	Heat, hard coal briquette, at stove 5-15kW/RER U
43.006	Heizkessel Stückholz	heat, mixed logs, at furnace 50kW/MJ/CH U
43.010	Heizkessel Stückholz mit Partikefilter	heat, mixed logs, at furnace 50kW/MJ/CH U
43.007	Heizkessel Holzschnitzel	heat, hardwood chips from forest, at furnace 50kW/MJ/CH U
43.011	Heizkessel Holzschnitzel mit Partikefilter	heat, hardwood chips from forest, at furnace 50kW/MJ/CH U
43.008	Heizkessel Pellets	heat, wood pellets, at furnace 50kW/MJ/CH U
43.012	Heizkessel Pellets mit Partikefilter	heat, wood pellets, at furnace 50kW/MJ/CH U
43.009	Heizkessel Biogas	heat, biomethane, at boiler condensing modulating 50kW/MJ/CH U
62.016	Lastwagen, Durchschnitt	transport, freight, lorry, fleet average/tkm/CH U
62.001	Aushub maschinell, Durchschnitt	excavation, hydraulic digger, average/m ³ /CH U
63.009	Personenwagen, Diesel	transport, passenger car, diesel, fleet average/personkm/CH U
63.008	Personenwagen, Benzin	transport, passenger car, petrol, fleet average/personkm/CH U
63.015	Personenwagen, Erdgas	Transport, passenger car, natural gas/CH U
63.016	Personenwagen, elektrisch, Strom CH-Verbraucher mix	transport, passenger car, electric, LINCM/personkm/CH U
63.021	Personenwagen, elektrisch, Mix Stromprodukte aus erneuerbaren Energien	transport, passenger car, electric, LINCM, certified electricity/personkm/CH U
63.017	Scooter, Benzin	Transport, scooter/CH U
63.004	Flugzeug, Durchschnitt	transport, aircraft, passenger/personkm/RER U
63.005	Flugzeug, Kurzstrecke	transport, aircraft, passenger, short-haul/personkm/RER U
63.020	Flugzeug, Mittelstrecke	transport, aircraft, passenger, medium-haul/RER U
63.006	Flugzeug, Langstrecke	transport, aircraft, passenger, long-haul/personkm/RER U
63.014	Personenwagen, Biogas	Transport, passenger car, methane, 96 vol%, from biogas/CH U
44.008	Kleinblockheizkraftwerk, Erdgas	heat, at cogen 15kWth, natural gas, allocation exergy/MJ/CH U
44.004	Flachkollektor für Warmwasser EFH	heat, at 5 m ² Cu collector, one-family house, for hot water/CH U
44.005	Flachkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	heat, at 12 m ² Cu collector, one-family house, for combined system/CH U
44.006	Flachkollektor für Warmwasser MFH	heat, at 30 m ² Cu collector, multiple dwelling, slanted roof, for hot water/CH U
44.007	Röhrenkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	heat, at 10.5 m ² evacuated tube collector, glass-glass tube, one-family house, for combined system/CH U
44.001	Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Altbau, JAZ 2.7, Strom CH)	heat, at heat pump, air-water, 15kW, CH electricity, in old building (proj. 210)/MJ/CH U
44.012	Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Altbau, JAZ 2.7, Strom CH zertifiziert)	heat, at heat pump, air-water, 15kW, certified electricity, in old building (proj. 210)/CH U
44.009	Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Neubau, JAZ 4.4, Strom CH)	heat, at heat pump, air-water, 15kW, CH electricity, in new building (proj. 210)/CH U
44.015	Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Neubau, JAZ 4.4, Strom CH zertifiziert)	heat, at heat pump, air-water, 15kW, certified electricity, in new building (proj. 210)/CH U
44.002	Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH)	heat, at borehole heat pump, brine-water, 15kW, CH electricity, in old building/MJ/CH U
44.013	Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH zertifiziert)	heat, at borehole heat pump, brine-water, 15kW, cert. electr., in old building/CH U
44.010	Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH)	heat, at borehole heat pump, brine-water, 15kW, CH electricity, in new building/CH U
44.016	Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH zertifiziert)	heat, at borehole heat pump, brine-water, 15kW, cert. electr., in new building/CH U
44.003	Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH)	heat, at groundwater heat pump, brine-water, 15kW, CH electr., in old building/MJ/CH U
44.014	Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH zertifiziert)	heat, at groundwater heat pump, brine-water, 15kW, cert. elec., in old building/CH U
44.011	Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH)	heat, at groundwater heat pump, brine-water, 15kW, CH electr., in new building/CH U
44.017	Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH zertifiziert)	heat, at groundwater heat pump, brine-water, 15kW, cert. elec., in new building/CH U
44.018	Solarthermieanlage Schrägdach mit Erdsondenregeneration	heat, at 100m ² solar collector in PVT system, Al-Cu, slanted roof, borehole for heat regeneration/CH U
44.019	Solarthermieanlage Schrägdach mit Warmwasserspeicher	heat, at 100m ² solar collector in PVT system, Al-Cu, slanted roof, hot water heat storage/CH U
46.008	Kleinblockheizkraftwerk, Erdgas	electricity, at cogen 15kWth, natural gas, allocation exergy/kWh/CH U
46.014	Kleinblockheizkraftwerk, Biogas	electricity, at cogen 15kWth, biomethane, 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
46.009	Photovoltaik Schrägdach Mono-Si	electricity, low voltage, PV, at 3kWp slanted-roof, single-Si, panel, mounted, at house/CH U
46.010	Photovoltaik Schrägdach Multi-Si	electricity, low voltage, PV, at 3kWp slanted-roof, multi-Si, panel, mounted, at house/CH U
46.011	Photovoltaik Schrägdach CdTe	electricity, low voltage, PV, at 3kWp slanted-roof, CdTe, panel, mounted, at house/CH U
46.012	Photovoltaik Schrägdach CIS	electricity, low voltage, PV, at 3kWp slanted-roof, CIS, panel, mounted, at house/CH U
46.013	Photovoltaik Mono-Si in Hybridkollektor	electricity, PV in PVT-System, 16.7kWp, single-Si, slanted-roof/CH U
46.005	Windkraft	electricity, low voltage, production from wind power, at house/kWh/CH U
46.006	Biogas	electricity, at cogen 300kWth, biomethane, allocation exergy/kWh/CH U
46.007	Biogas, Landwirtschaft	electricity, low voltage, production from biogas, at house/kWh/CH U
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 50kW (proj. 388)/MJ/CH U
41.003	Propan/Butan	propane/butane, burned in boiler condensing modulating 50kW (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 Briquet	hard coal briquette, burned in stove 5-15kW (proj. 210)/MJ/RER U

Tab. A.1 Datensätze zur Berechnung der Umweltauswirkungen und Primärenergiefaktoren von Energiesystemen sowie ID-Nummer und Bezeichnung gemäss der KBOB-Empfehlung 2009/1:2022 (KBOB et al. 2022b) (Fortsetzung)

ID-Nr.	Bezeichnung	Datensatz
41.006	Stückholz	logs, mixed, burned in furnace 50kW (proj. 210)/MJ/CH U
41.010	Stückholz mit Partikelfilter	logs, mixed, burned in furnace 50kW (proj. 210)/MJ/CH U
41.007	Holzschnitzel	wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW (proj. 210)/MJ/CH U
41.011	Holzschnitzel mit Partikelfilter	wood chips, from forest, hardwood, burned in furnace 50kW (proj. 210)/MJ/CH U
41.008	Pellets	pellets, mixed, burned in furnace 50kW (proj.210)/MJ/CH U
41.012	Pellets mit Partikelfilter	pellets, mixed, burned in furnace 50kW (proj.210)/MJ/CH U
41.009	Biogas	biomethane, burned in boiler condensing modulating 50kW (proj. 210)/MJ/CH U
61.002	Diesel in Lastwagen	fuel in transport, freight, lorry, fleet average/CH U
61.001	Diesel in Baumaschine	fuel in building machine, hydraulic digger, average/CH U
61.004	Diesel in Personnenwagen	fuel in transport, passenger car, diesel, fleet average (proj. 210)/MJ/CH U
61.003	Benzin in Personnenwagen	fuel in transport, passenger car, petrol, fleet average (proj. 210)/MJ/CH U
61.006	Erdgas in Personnenwagen	fuel in transport, passenger car, natural gas (proj. 210)/MJ/CH U
61.008	Strom CH-Verbraucher mix in Personnenwagen	fuel in transport, passenger car, electric, LINCM/MJ/CH U
61.010	Mix Stromprodukte aus erneuerbaren Energien in Personnenwagen	fuel in transport, passenger car, electric, LINCM, certified electricity/MJ/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/MJ/RER U
61.005	Biogas in Personnenwagen	fuel in transport, passenger car, methane, 96 vol-%, from biogas (proj. 210)/MJ/CH U
42.018	Atomkraftwerk	district heat, at consumer, heat from nuclear power plant, allocation exergy/CH U
42.001	Heizzentrale Oel	district heat, at consumer, light fuel oil in industrial furnace 1MW/MJ/CH U
42.002	Heizzentrale Gas	district heat, at consumer, natural gas in industrial furnace 1MW/MJ/CH U
42.003	Heizzentrale Holz	district heat, at consumer, wood chips in industrial furnace 1MW/MJ/CH U
42.004	Heizkraftwerk Holz	district heat, at consumer, wood chips cogen 1MWth, allocation exergy/MJ/CH U
42.005	Heizzentrale EWP Luft/Wasser (JAZ 2.8)	Position gestrichen
42.008	Heizzentrale EWP Erdsonde (JAZ 3.1)	district heat, at consumer, borehole heat pump 50kW/MJ/CH U
42.006	Heizzentrale EWP Abwasser (JAZ 3.4)	district heat, from sewage heat exchanger/MJ/CH U
42.007	Heizzentrale EWP Grundwasser (JAZ 3.1)	district heat, at consumer, ground water heat pump 50kW/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, at consumer, waste from municipal waste incineration/MJ/CH U
42.012	Blockheizkraftwerk Diesel	district heat, at consumer, diesel cogen 1MWth, allocation exergy/MJ/CH U
42.013	Blockheizkraftwerk Gas	district heat, at consumer, natural gas cogen 1MWth, allocation exergy/MJ/CH U
42.014	Blockheizkraftwerk Biogas	district heat, at consumer, biomethane cogen 1MWth, allocation exergy/MJ/CH U
42.015	Blockheizkraftwerk Biogas-Landwirtschaft	Position gestrichen
42.016	Fernwärme Durchschnitt Netze CH	district heat, at consumer, swiss average, allocation exergy/MJ/CH U
42.017	Fernwärme mit Nutzung Kehrichtwärme, Durchschnitt Netze CH	district heat, at consumer, swiss average, allocation exergy/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
45.024	Erdgaskraftwerk	electricity, low voltage, production from natural gas, UCTE, 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, cogen biogas, methane 96%-vol, at grid/kWh/CH U
45.010	Blockheizkraftwerk Biogas-Landwirtschaft	Position gestrichen
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
45.027	Photovoltaik Schrägdach Mono-Si	electricity, low voltage, PV, at 3kWp slanted-roof, single-Si, panel, mounted, at grid/CH U
45.028	Photovoltaik Schrägdach Multi-Si	electricity, low voltage, PV, at 3kWp slanted-roof, multi-Si, panel, mounted, at grid/CH U
45.029	Photovoltaik Schrägdach CdTe	electricity, low voltage, PV, at 3kWp slanted-roof, CdTe, panel, mounted, at grid/CH U
45.030	Photovoltaik Schrägdach CIS	electricity, low voltage, PV, at 3kWp slanted-roof, CIS, panel, mounted, at grid/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/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
45.020	CH-Verbraucher mix	electricity, low voltage, at grid/kWh/CH U
45.019	CH-Produktionsmix	electricity, low voltage, production CH, at grid/kWh/CH U
45.022	Mix Stromprodukte aus erneuerbaren Energien	electricity, low voltage, certified electricity, at grid/kWh/CH U
45.025	CH-Lieferantenmix HKN	electricity, low voltage, consumer mix GO, at grid/kWh/CH U
45.021	ENTSO-E-Mix (ehemals UCTE-Mix)	electricity, low voltage, import ENTSO, at grid/kWh/CH U

Tab. A.2 Datensätze zur Berechnung der Umweltauswirkungen und Primärenergiefaktoren von Kollektor-, Fotovoltaik-, Heizungs-, Lüftungs-, Sanitär- und Elektroanlagen sowie ID-Nummer und Bezeichnung gemäss der KBOB-Empfehlung 2009/1:2022 (KBOB et al. 2022b)

ID-Nr.	Bezeichnung	Datensatz
31.007	Cu-Kollektoranlage, EFH, für Warmwasser	solar system, 5 m ² Cu flat plate collector, one-family house, hot water /CH/I U
31.010	Vakuumnöhrenkollektor, EFH, für RH und WW	solar system, 10.5 m ² evacuated tube collector, one-family house, combined system/CH/I U
31.008	Cu-Kollektoranlage, EFH, für RH und WW	solar system, 12 m ² Cu flat plate collector, one-family house, combined system/CH/I U
31.009	Cu-Kollektoranlage, MFH, auf Schrägdach, für Warmwasser	solar system, 20 m ² Cu flat plate collector, on slanted roof, hot water /CH/I U
31.028	Hybridkollektor Schrägdach mit Erdsondenregeneration	hybrid collector, slanted roof, borehole regeneration/CH/I U
31.029	Hybridkollektor Schrägdach mit Warmwasserspeicher	hybrid collector, slanted roof, hot water heat storage/CH/I U
34.024	Photovoltaik	eigene Berechnungen in Excel
34.025	Photovoltaik Schrägdach	eigene Berechnungen in Excel
34.026	Photovoltaik Flachdach	eigene Berechnungen in Excel
34.027	Photovoltaik Fassade	eigene Berechnungen in Excel
34.027.01	Fassadenunterkonstruktion, integriert, Eternit	eigene Berechnungen in Excel
34.027.02	Fassadenunterkonstruktion, integriert, StoVentec Artline inlay	eigene Berechnungen in Excel
34.027.03	Fassadenunterkonstruktion, integriert, StoVentec Artline invisible	eigene Berechnungen in Excel
34.027.04	Fassadenunterkonstruktion, integriert, mittelförmig, GFT	eigene Berechnungen in Excel
34.027.05	Fassadenunterkonstruktion, integriert, Vogelsang	eigene Berechnungen in Excel
34.027.06	Fassadenunterkonstruktion, integriert, Betonuntergrund, Ecolite	eigene Berechnungen in Excel
34.027.07	Fassadenunterkonstruktion, integriert, Backsteinuntergrund, Ecolite	eigene Berechnungen in Excel
34.027.08	Fassadenunterkonstruktion, integriert, Durchschnitt, Ecolite	eigene Berechnungen in Excel
34.027.09	Solarpaneel, Mono-Si, Eternit Sunskin Facade	eigene Berechnungen in Excel
34.027.10	Solarpaneel, Mono-Si, Kioto Solar PVP-GExxxM	eigene Berechnungen in Excel
34.027.11	Solarpaneel, Mono-Si, Vogelsang-Kioto Solar	eigene Berechnungen in Excel
34.027.12	Solarpaneel, CIS, StoVentec Artline inlay	eigene Berechnungen in Excel
34.027.13	Solarpaneel, CIS, StoVentec Artline invisible	eigene Berechnungen in Excel
34.032	Wechselrichter 2.5 kW	eigene Berechnungen in Excel
34.033	Wechselrichter 5 kW	eigene Berechnungen in Excel
34.034	Wechselrichter 10 kW	eigene Berechnungen in Excel
34.035	Wechselrichter 20 kW	eigene Berechnungen in Excel
34.036	Elektroinstallation, Photovoltaikanlage	eigene Berechnungen in Excel
34.028	Solarstromanlage Schrägdach Mono-Si	eigene Berechnungen in Excel
34.029	Solarstromanlage Schrägdach Multi-Si	eigene Berechnungen in Excel
34.030	Solarstromanlage Schrägdach CdTe	eigene Berechnungen in Excel
34.031	Solarstromanlage Schrägdach CIS	eigene Berechnungen in Excel
31.001	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m ²	heat production system, specific heat demand 10W/m ² /CH U
31.002	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m ²	heat production system, specific heat demand 30W/m ² /CH U
31.003	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 50 W/m ²	heat production system, specific heat demand 50W/m ² /CH U
31.027	Elektrospeicherofen 5kW	electric storage heater, per kg/CH/I U
31.016	Erdsonden, für Sole-Wasser-Wärmepumpe	Borehole heat exchanger, per m/CH/I U
31.026	Förder- und Schluckbrunnen für Grundwasser Wärmepumpe	delivery and return well for groundwater heat pump, 9m, CH/CH/I U
31.017	Sole-Wasser Wärmepumpe 7 kW	heat pump, brine-water, 7kW/RER/I U
31.018	Sole-Wasser Wärmepumpe 7 kW	heat pump, brine-water, per kg/CH U
31.019	Luft-Wasser Wärmepumpe 7 kW	heat pump, air-water, 7kW/RER/I U
31.020	Luft-Wasser Wärmepumpe 7 kW	heat pump, air-water, per kg/CH U
31.021	Verteilung Wohngebäude	production of heat distribution system, apartment building/CH U
31.022	Verteilung Bürogebäude	production of heat distribution system, office building/CH U
31.023	Abgabe über Heizkörper	production of heat dissipation system with radiator/CH U
31.024	Abgabe über Fussbodenheizung	production of heat dissipation system with floor heating/CH U
31.025	Abgabe über Heizkühldecke (ohne Gips- oder Metaldecke)	production of heat dissipation system with heating-cooling ceiling/CH U
31.015	Wärmeverteilung, Luftheizung	heat distribution system, air heating, specific heat demand 10W/m ² /CH U

Tab. A.3 Datensätze zur Berechnung der Umweltauswirkungen und Primärenergiefaktoren von Kollektor-, Fotovoltaik-, Heizungs-, Lüftungs-, Sanitär- und Elektroanlagen sowie ID-Nummer und Bezeichnung gemäss der KBOB-Empfehlung 2009/1:2022 (KBOB et al. 2022b) (Fortsetzung)

ID-Nr.	Bezeichnung	Datensatz
92.038	Rücknahme und Recycling, CdTe PV Modul	treatment, CdTe PV module/kg/DE U
92.037	Rücknahme und Recycling, c-Si PV Modul	treatment, c-Si PV module/kg/RER U
92.039.01	Entsorgung, Fassadenunterkonstruktion, integriert, Eternit	eigene Berechnungen in Excel
92.039.02	Entsorgung, Fassadenunterkonstruktion, integriert, StoVentec Artline inlay	eigene Berechnungen in Excel
92.039.03	Entsorgung, Fassadenunterkonstruktion, integriert, StoVentec Artline invisible	eigene Berechnungen in Excel
92.039.04	GFT	eigene Berechnungen in Excel
92.039.05	Entsorgung, Fassadenunterkonstruktion, integriert, Vogebang	eigene Berechnungen in Excel
92.039.06	Entsorgung, Fassadenunterkonstruktion, integriert, Betonuntergrund, Ecolite	eigene Berechnungen in Excel
92.039.07	Entsorgung, Fassadenunterkonstruktion, integriert, Backsteinuntergrund, Ecolite	eigene Berechnungen in Excel
92.039.08	Ecolite	eigene Berechnungen in Excel
92.006	Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m ²	disposal, heat production system, specific heat demand 10W/m ² /CH U
92.007	Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m ²	disposal, heat production system, specific heat demand 30W/m ² /CH U
92.008	Entsorgung, Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 50 W/m ²	disposal, heat production system, specific heat demand 50W/m ² /CH U
92.009	Entsorgung, Erdsonden, für Sole-Wasser-Wärmepumpe	disposal, borehole heat exchanger, per m/CH/I U
92.010	Entsorgung, Sole-Wasser Wärmepumpe 7 kW	disposal, heat pump, brine-water, 7kW/CH/I U
92.011	Entsorgung, Sole-Wasser Wärmepumpe 7 kW	disposal, heat pump, brine-water, per kg/CH U
92.012	Entsorgung, Luft-Wasser Wärmepumpe 7 kW	disposal, heat pump, air-water, 7kW/CH/I U
92.013	Entsorgung, Luft-Wasser Wärmepumpe 7 kW	disposal, heat pump, air-water, per kg/CH U
92.032	Entsorgung, Elektrospeicherofen 5kW	disposal, electric storage heater, per kg/CH/I U
92.033	Entsorgung, Förder- und Schluckbrunnen für Grundwasser Wärmepumpe	disposal, delivery and return well for groundwater heat pump, 9m, CH/CH/I U
92.014	Entsorgung, Verteilung Wohngebäude	disposal of heat distribution system, apartment building/CH U
92.015	Entsorgung, Verteilung Bürogebäude	disposal of heat distribution system, office building/CH U
92.016	Entsorgung, Abgabe über Heizkörper	disposal of heat dissipation system with radiator/CH U
92.017	Entsorgung, Abgabe über Fussbodenheizung	disposal of heat dissipation system with floor heating/CH U
92.018	Entsorgung, Abgabe über Heizkühldecke (ohne Gips- oder Metaldecke)	disposal of heat dissipation system with heating-cooling ceiling/CH U
92.019	Entsorgung, Wärmeverteilung, Luftheizung	disposal, heat distribution system, air heating, specific heat demand 10W/m ² /CH U
32.010	Einzelraumlüfter Fenstermodell 10-30 m ³ /h, ohne Montage	single room ventilator with heat recovery window frame model/p/CH U
32.001	Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft	ventilation system, average for apartment buildings, steel ducts, without GHE/CH U
32.002	Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft	ventilation system, average for apartment buildings, PE ducts, without GHE/CH U
32.003	Abluftanlage Küche und Bad	exhaust air system for kitchen and bathroom in apartment buildings/CH U
32.004	Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen	ground heat exchanger for apartment buildings, PE ducts/CH U
32.008	Erdregister kurz zu Lüftungsanlage Büro (0.27 m/m ² EBF)	ground heat exchanger for office buildings, short: 0.267 m/CH U
32.009	Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m/m ² EBF)	ground heat exchanger for office buildings, long: 0.667 m/CH U
32.011	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 1 m ³ /(h m ²)	ventilation system, centralized, average for 1 m ³ /(h m ²)/CH U
32.005	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 2 m ³ /(h m ²)	ventilation system, centralized, average for 2 m ³ /(h m ²)/CH U
32.006	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 4 m ³ /(h m ²)	ventilation system, centralized, average for 4 m ³ /(h m ²)/CH U
32.007	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 6 m ³ /(h m ²)	ventilation system, centralized, average for 6 m ³ /(h m ²)/CH U
32.012	Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 8 m ³ /(h m ²)	ventilation system, centralized, average for 8 m ³ /(h m ²)/CH U
92.020	Entsorgung, Einzelraumlüfter Fenstermodell 10-30 m ³ /h, ohne Montage	disposal, single room ventilator with heat recovery window frame model/p/CH U
92.021	Entsorgung, Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft	disposal, ventilation system for apartment buildings, steel ducts, without GHE/CH U
92.022	Entsorgung, Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft	disposal, ventilation system for apartment buildings, PE ducts, without GHE/CH U
92.023	Entsorgung, Abluftanlage Küche und Bad	disposal, exhaust air system for kitchen and bathroom in apartment buildings/CH U
92.024	Entsorgung, Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen	disposal, ground heat exchanger for apartment buildings, PE ducts/CH U
92.025	Entsorgung, Erdregister kurz zu Lüftungsanlage Büro (0.27 m/m ² EBF)	disposal, ground heat exchanger for office buildings, short: 0.267 m/CH U
92.026	Entsorgung, Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m/m ² EBF)	disposal, ground heat exchanger for office buildings, short: 0.667 m/CH U
92.027	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 1 m ³ /(h m ²)	disposal, ventilation system, centralized, average for 1 m ³ /(h m ²)/CH U
92.028	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 2 m ³ /(h m ²)	disposal, ventilation system, centralized, average for 2 m ³ /(h m ²)/CH U
92.029	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 4 m ³ /(h m ²)	disposal, ventilation system, centralized, average for 4 m ³ /(h m ²)/CH U
92.030	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 6 m ³ /(h m ²)	disposal, ventilation system, centralized, average for 6 m ³ /(h m ²)/CH U
92.031	Entsorgung, Lüftungsanlage, zentral, Mittelwert für 8 m ³ /(h m ²)	disposal, ventilation system, centralized, average for 8 m ³ /(h m ²)/CH U
33.001	Büro, einfache Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	office, simple sanitary installation, incl. appliances and pipes, construction/CH U
92.001	Büro, einfache Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	office, simple sanitary installation, incl. appliances and pipes, deconstruction/CH U
33.002	Büro, aufwändige Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	office, complex sanitary installation, incl. appliances and pipes, construction/CH U
92.002	Büro, aufwändige Installation, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	office, complex sanitary installation, incl. appliances and pipes, deconstruction/CH U
33.003	Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen, Erstellung	EKG I, sanitary facilities, residential building, construction/m ² /CH/I U
33.004	Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen, Rückbau	EKG I, sanitary facilities, residential building, deconstruction/m ² /CH/I U
92.003	Büro, Erstellung	EKG I, electrical system, office building, construction/m ² /CH/I U
92.005	Büro, Rückbau	EKG I, electrical system, office building, deconstruction/m ² /CH/I U
34.001	Wohnen, Erstellung	EKG I, electrical system, residential building, construction/m ² /CH/I U
92.004	Wohnen, Rückbau	EKG I, electrical system, residential building, deconstruction/m ² /CH/I U