Professur für Architektur
und Konstruktion Annette Gigon
ETH Zürich Mike Guyer
HIL E 15
Stefano-Franscini-Platz 5
CH 8093 Zürich
Tel +41 44 633 06 14

DURABILITY AND/OR CHANGE?

«VADEMECUM» Master's Thesis FS 23

Revision 23.01.2023

Professur für Architektur
und Konstruktion Annette Gigon
ETH Zürich Mike Guyer

HIL E 15
Stefan-Franscini Platz 5
CH 8093 Zürich
Tel +41 44 633 20 09

FS 23

DURABILITY AND/OR CHANGE?

Themenplattform zur Master's Thesis

Vorbereitung:
Annette Gigon
gigon@arch.ethz.ch

«Vademecum»:
Arend Kölsch
kontakt@aka-energie.de

Reader:
Stefan Jos
jos@arch.ethz.ch
Arend Kölsch

«VADEMECUM»
Ökobilanzdaten und Kennwerte

Revision 23.01.2023

Bild Umschlag: *Himmel über Luzern*, **AK 2012**

INHALT

4 EINFÜHRUNG

24 DATENSAMMLUNG BAUSTOFFE UND BAUTEILE
26 Vergleichsgrössen
27 Anforderungen nach SIA 2040:2017 Effizienzpfad Energie (Auszüge)
28 Übersicht Wärmedämmstandards
30 Ökobilanzdaten ausgewählter Baustoffe, anwendungsbezogen
36 Aussenbauteile, überschlägige Ökobilanzen
44 Aussenwände, überschlägige Ökobilanzen (Vertiefung; Neubau und Umbau)
48 LCA-optimierte Dämmstärken
52 Stützen, überschlägige Ökobilanzen
54 Decken, überschlägige Ökobilanzen
58 Kohlenstoffspeicherung in Baumaterialien

60 DATENSAMMLUNG PHOTOVOLTAIK UND SOLARTHERMIE
62 Photovoltaik, Kennwerte
64 Photovoltaik, Erträge
66 Vergleich: Photovoltaik vs. CH-Netzstrom
68 Solarthermie, Kennwerte
70 Solarthermie, Erträge
72 Vergleich: Solarthermie vs. Wärmepumpe

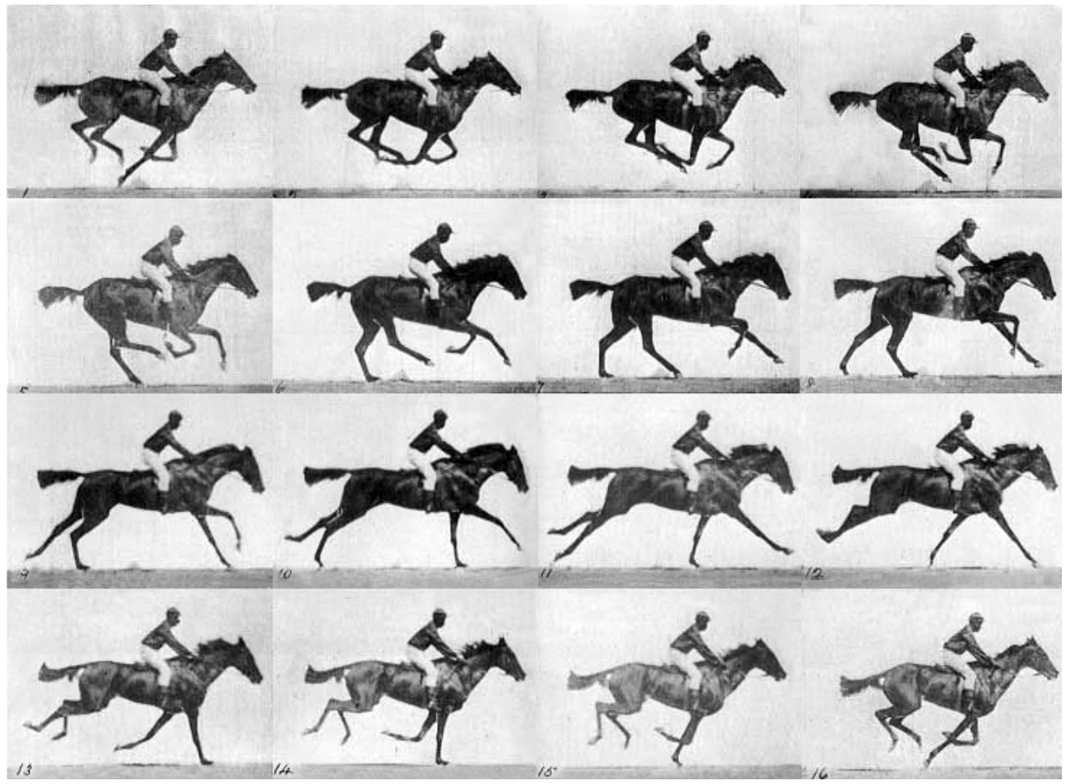
74 KBOB ÖKOBILANZDATEN (AUSZUG)

86 PLANUNGSWERKZEUGE (TOOLS UND LINKS)

92 LEISTUNG UND ENERGIE (BEGRIFFE, GRÖSSENORDNUNGEN)

98 IMPRESSUM UND DANK

EINFÜHRUNG



Annie G. galloping, **fotografische Bewegungsstudie von Eadweard Muybridge, 1878**

Vorwort

Als Ergänzung zum Reader mit Hintergrundtexten wird das «VADEMECUM» mit Daten und Kennwerten zur Verfügung gestellt.

Es geht um ein grundlegendes Verständnis für die physischen Umweltauswirkungen des Bauens, namentlich Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen.

Das «VADEMECUM» bietet einen Einstieg in die Ökobilanzierung von Gebäuden und soll zu eigener Anwendung und Vertiefung anregen.

Beispiele für Daten-Fragen

- **Wie unterscheiden sich verschiedene Baustoffe hinsichtlich grauer Energie, grauen Emissionen und Lebensdauer?**
- **Wie viel Energie liefern Photovoltaikelemente auf dem Dach, wie viel an der Fassade?**
- **Wie können Bestandsgebäude mit möglichst sparsamem Ressourceneinsatz energetisch ertüchtigt werden?**
- **Inwiefern können Bauteile als Kohlenstoffspeicher dienen?**

Energie

- **Masseinheit der Energie (auch Arbeit) im Kontext nachhaltiges Bauen: Kilowattstunde (kWh) = 3,6 Megajoule (MJ)**
- **Nicht verwechseln mit Leistung: Watt (W), Kilowatt (kW) = 1000 W**

10 kWh Energie wird freigesetzt bei der Verbrennung von ca. 1 m^3 Erdgas / 1 l Erdöl / 2 kg Holz.
Der menschliche Körper setzt pro Tag ca. 2 kWh Energie um.
1 m^2 Photovoltaik mit guter Aufstellung und gutem Wirkungsgrad liefert ca. 200 kWh im Jahr.

Primärenergie

- **Primärenergie beschreibt die Energie, die mit den natürlich vorkommenden Energieformen oder Energieträgern zur Verfügung steht.**
- **Der ökologisch bedeutsame Anteil ist die nicht erneuerbare Primärenergie.**
- **Masseinheit: Kilowattstunde Öl-Äquivalent (kWh oil-eq)**

Erneuerbare Primärenergie stammt aus Sonneneinstrahlung (Photovoltaik und Solarthermie), Wasserkraft, Windkraft, Biomasse und Geothermie.
Nicht erneuerbar sind fossile Energieträger (Steinkohle, Braunkohle, Öl, Erdgas) und Kernbrennstoffe.

Treibhausgasemissionen

- **Treibhausgasemissionen umfassen alle klimawirksamen Gase im Verhältnis der Wirkung von Kohlendioxid.**
- **Masseinheit: Kilogramm CO_2-Äquivalent (kg CO_2-eq)**

Der Schweizer Pro-Kopf-Ausstoss (inkl. Importe) beträgt ca. 13 Tonnen CO_2-eq pro Jahr.
Im globalen Durchschnitt beträgt der Pro-Kopf-Ausstoss 6.5 t CO_2-eq.
Wichtige klimawirksame Gase neben CO_2 sind Methan (CH_4) und Distickstoffoxid (N_2O).
(Zahlen für 2019. Quelle: www.globalcarbonatlas.org, Zugriff 13.01.2023)

Beispiel: Energieträger (siehe S. 26)

Umweltkennwerte		
	Primärenergie n. erneuerbar	**Treibhausgas-emissionen**
	kWh oil-eq	**kg CO_2-eq**
Energieträger (Endenergieverbrauch)		
1 kWh Erdgas ≙ ca. 0,1 m³	1.05	0.230
1 kWh Erdöl ≙ ca. 0,1 Liter	1.25	0.324
1 kWh Strom CH-Verbrauchermix	2.08	0.125
1 kWh Photovoltaik-Strom *	0.14	0.038

In Worten:
Die Verbrennung von 0.1 m³ Erdgas erzeugt 1 kWh Endenergie in der Heizungsanlage. Zusammen mit vorgelagerten Prozessen, Transporten etc. summiert sich der Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie auf 1.05 kWh oil-eq., und es werden insgesamt 230 g Treibhausgase ausgestossen. Beim Schweizer Netzstrom führen Transport- und Umwandlungsverluste zu einem etwa doppelt so hohen Primärenergieaufwand pro kWh Endenergie an der Steckdose (2.08 kWh oil-eq), aber dank vergleichsweise niedrigem fossilem Anteil an der Stromproduktion fallen nur 125 g CO_2-eq an.
In die Kennwerte des Photovoltaik-Stroms gehen die graue Energie und grauen Emissionen zur Erstellung der PV-Anlage ein; sie liegen deutlich niedriger.

Betriebsenergie / Betriebsemissionen

Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie bzw. Treibhausgasemissionen für den Betrieb eines Gebäudes: Raumheizung/-kühlung, Warmwasser, Lüftung, Stromverbrauch für Anlagen und Geräte (inkl. Gebäudenutzung)

Graue Energie / graue Emissionen

Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie bzw. Treibhausgasemissionen für Erstellung und Entsorgung eines Gebäudes bzw. von Bauteilen

Bezugsgrössen für Vergleiche

- **Gesamt/absolut**
  kWh oil-eq kg CO_2-eq
- **pro Fläche**
  kWh oil-eq/m^2 kg CO_2-eq/m^2
- **pro Jahr**
  kWh oil-eq/a kg CO_2-eq/a
- **pro Fläche und Jahr**
  kWh oil-eq/(m^2×a) kg CO_2-eq/(m^2×a)
- **pro Person, pro Wohnung, …**

Weitere Begriffserklärungen

- «VADEMECUM» ab S. 92
- Reader, Abschnitt «Begriffsdefinitionen»

Wozu Lebenszyklusbetrachtung?

- Die Bemühungen des «Nachhaltigen Bauens» fokussierten zunächst auf die Absenkung des Energieverbrauchs im Betrieb.
- Je niedriger der Betriebsenergieverbrauch, desto mehr rücken graue Energie und graue Emissionen ins Blickfeld. Es zeigt sich, dass diese bei zeitgenössischen Bauten überwiegen.
- Die Lebenszyklusbetrachtung versucht eine Zusammenschau von Erstellung/Entsorgung und Betrieb.

Definition

«Die Ökobilanz bzw. das Life Cycle Assessment (LCA) ist eine Methode zur Abschätzung der mit einem Produkt [oder einer Dienstleistung] verbundenen Umweltauswirkungen. Die Ökobilanz beruht auf einem Lebenswegansatz. Damit werden die Umweltauswirkungen eines Produkts von der Gewinnung der Rohstoffe, der Herstellung, der Nutzung bis hin zur Entsorgung des Produkts, also von der Wiege bis zur Bahre (*cradle to grave*), erfasst und beurteilt.»

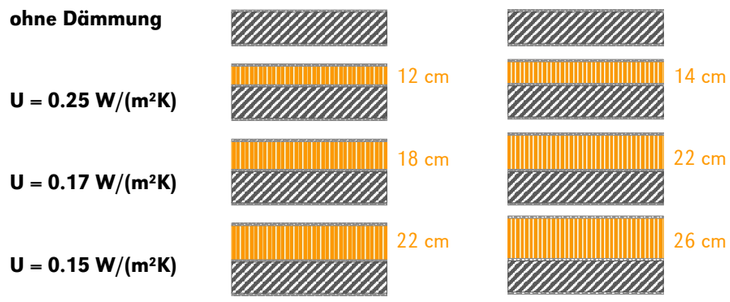
Rolf Frischknecht, Lehrbuch der Ökobilanzierung, Berlin 2020, S. 11

Beispiel Lebenszyklusbetrachtung: 1 m² Aussenwand in Konstruktionsvarianten

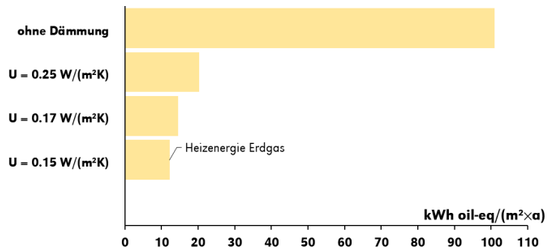
Ziel: Einschätzung von Umweltauswirkungen

je nach Dämmstärke, nach Dämmmaterial, nach Heizenergieträger

- **Backstein 20 cm** λ 0.30 W/(m×K)
- **Putz, Klebemörtel**
- **Wärmedämmstoff** **EPS** λ 0.035 W/(m×K) Lebensdauer 30 Jahre | **Mineraldämmplatte** λ 0.045 W/(m×K) Lebensdauer 60 Jahre



Beispiel 1 m² Aussenwand
Primärenergie nicht erneuerbar pro Jahr



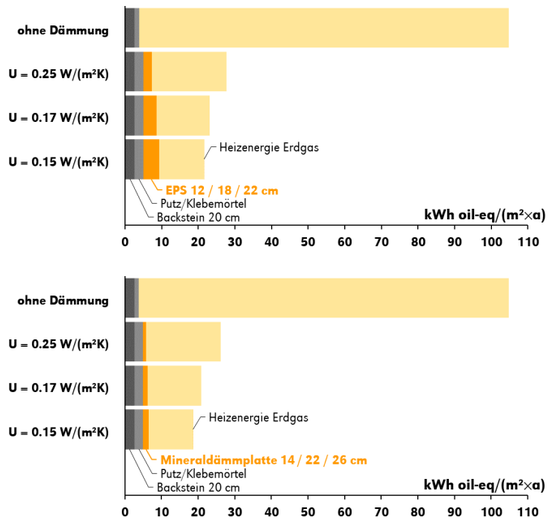
Vom U-Wert ist der Wärmeverlust der Wand pro m² und Jahr abhängig.

Zur Bereitstellung der entsprechenden Heizenergie wird nicht erneuerbare Primärenergie verbraucht, in Abhängigkeit von Anlageneffizienz und Energieträger (Berechnung siehe S. 18).

Verglichen mit der ungedämmten Wand haben die «ersten» Zentimeter Wärmedämmung den grössten Effekt. In diesem Beispiel reduziert sich mit 12–14 cm Dämmstoff und einem U-Wert von 0.25 der Wärmeverlust um ca. 80 %.

Einordnung | Einheiten und Begriffe | Lebenszyklusbetrachtung | Ökobilanzdaten | Baustoffe, Bauteile | Photovoltaik, Solarthermie | Tools, Links, etc.

Beispiel 1 m² Aussenwand
Primärenergie nicht erneuerbar pro Jahr



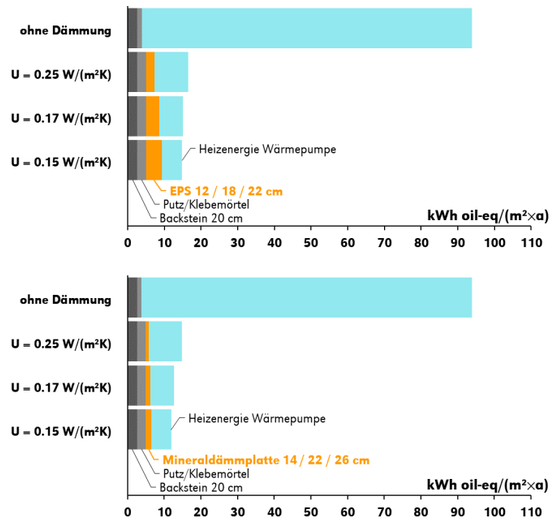
Für die Herstellung/Entsorgung der verwendeten Baustoffe wird ebenfalls Primärenergie verbraucht. Deren nicht erneuerbarer Anteil wird «graue Energie» genannt (Berechnung siehe S. 16).

Die graue Energie wird durch die erwartete Lebensdauer geteilt («amortisiert»; Tragstruktur 60 Jahre, Dämmung 30 Jahre gemäss SIA 2032, siehe S.17). So erhält man Jahreswerte, die mit der Betriebsenergie verglichen werden können.

Bei den höheren Dämmstärken hat die Wahl des Dämmstoffs in diesem Beispiel sichtbaren Einfluss auf die Gesamtbilanz.

Einordnung | Einheiten und Begriffe | Lebenszyklusbetrachtung | Ökobilanzdaten | Baustoffe, Bauteile | Photovoltaik, Solarthermie | Tools, Links, etc.

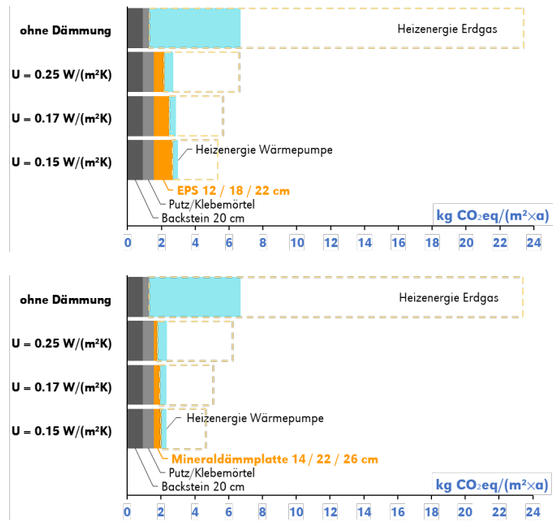
Beispiel 1 m² Aussenwand
Primärenergie nicht erneuerbar pro Jahr



Ein Wechsel der Heizanlage zu einer Wärmepumpe mit Strom als Energieträger erlaubt weitere Einsparungen an nicht erneuerbarer Primärenergie, je nach Arbeitszahl des Geräts und Art der Stromerzeugung.
(Hier: Erdsonden-Wärmepumpe mit Jahresarbeitszahl JAZ = 4.0 und Netzstrom CH-Verbrauchermix. Annahme bei ungedämmter Wand: JAZ = 2.0).

Einordnung | Einheiten und Begriffe | Lebenszyklusbetrachtung | Ökobilanzdaten | Baustoffe, Bauteile | Photovoltaik, Solarthermie | Tools, Links, etc.

Beispiel 1 m² Aussenwand
Treibhausgasemissionen pro Jahr



Vergleichen wir nun statt der Primärenergie die Treibhausgasemissionen, zeigen sich die Unterschiede zwischen den Varianten noch deutlicher.

Bei geringem Betriebsenergieverbrauch dominieren die grauen Emissionen in der Ökobilanz. Beim vorliegenden Beispiel ist mit den höheren Dämmstärken keine Verbesserung mehr zu erzielen.

LCA im Kontext Architektur/Entwurf

Lebenszyklusbetrachtungen in Form überschlägiger Ökobilanzen ermöglichen Anwender:innen, Konzepte des nachhaltigen Bauens zu konkretisieren, und zwar durch

- **Eigene, datenbasierte Abschätzungen,**
- **Entwicklung und Beurteilung von Varianten,**
- **Hinterfragen von Vorurteilen.**

Quellen für Ökobilanzdaten

- **Forschung**
- **Herstellerangaben**
  (Environmental Product Declaration, EPD)
- **Datenbanken**
- **Schweiz: KBOB** (Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren)
  Tabelle Ökobilanzdaten im Baubereich KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022

Auszug abgedruckt in «Vademecum» S. 74–85
(Gelbe Hinterlegung Professur Annette Gigon / Mike Guyer)

Ökobilanzdaten im Baubereich — **KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022**

ID-Nummer	BAUMATERIALIEN	Rohdichte/ Flächenmasse		Bezug	UBP'21			Primärenergie								Treibhausgas-emissionen			Biogener Kohlenstoff
					UBP			erneuerbar				nicht erneuerbar (Graue Energie)							
					Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung total	Herstellung energetisch genutzt	Herstellung stofflich genutzt	Entsorgung	Total	Herstellung total	Herstellung energetisch genutzt	Herstellung stofflich genutzt	Entsorgung	Herstellung	Entsorgung	im Produkt enthalten
					UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO_2-eq	kg CO_2-eq	kg
07	**Holz und Holzwerkstoffe**	kg/m³																		
07.001	3- und 5-Schicht Massivholzplatte	453	kg	kg	1'020	935	80.7	13.3	13.2	8.30	4.95	0.006	2.18	2.09	1.75	0.337	0.093	0.471	0.415	0.056	0.433
07.002	Bäckerschichtholz	439	kg	kg	782	716	74.2	8.59	8.58	3.49	5.09	0.006	1.56	1.47	1.38	0.097	0.091	0.343	0.294	0.049	0.446
07.003	Brettschichtholz	439	kg	kg	772	698	74.2	8.14	8.13	3.07	5.06	0.006	1.54	1.45	1.30	0.142	0.091	0.336	0.287	0.049	0.446
07.020	Brettsperrholz	436	kg	kg	884	777	107	8.12	8.11	2.99	5.12	0.006	1.82	1.73	1.64	0.089	0.098	0.397	0.317	0.080	0.440
07.022	Furnierspanholz	823	kg	kg	1'989	1'870	107	9.24	9.24	4.72	4.52	0.006	5.88	4.98	4.05	0.933	0.098	1.62	0.944	0.680	0.410
07.004	Hartfaserplatte	955	kg	kg	1'770	1'700	68.8	7.04	7.03	1.85	5.18	0.006	4.13	4.04	3.78	0.260	0.090	1.07	1.03	0.044	0.455
07.005	Holzwolle-Leichtbauplatte, zementgebunden	400	kg	kg	773	687	86.5	2.04	2.03	0.491	1.54	0.010	1.25	1.10	1.10	0	0.171	0.536	0.499	0.036	0.138
07.023	Konstruktionsvollholz	436	kg	kg	691	622	68.8	8.28	8.27	3.13	5.15	0.006	1.25	1.15	1.14	0.011	0.090	0.299	0.245	0.044	0.450
07.008	Massivholz Buche / Eiche, kammergetrocknet, gehobelt	675	kg	kg	438	375	63.3	7.28	7.27	2.32	4.95	0.006	0.664	0.575	0.575	0	0.089	0.153	0.114	0.039	0.451
07.005	Massivholz Buche / Eiche, kammergetrocknet, rau	675	kg	kg	393	330	63.3	7.11	7.11	2.16	4.95	0.006	0.569	0.480	0.480	0	0.089	0.136	0.097	0.039	0.451
07.006	Massivholz Buche / Eiche, luftgetrocknet, rau	705	kg	kg	324	261	63.3	6.21	6.20	1.66	4.54	0.006	0.480	0.390	0.390	0	0.089	0.121	0.082	0.039	0.413
07.011	Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, kammergetr., gehobelt	485	kg	kg	478	415	63.3	6.05	6.04	0.889	5.15	0.006	0.729	0.690	0.690	0	0.089	0.174	0.135	0.039	0.451
07.010	Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, luftgetr., gehobelt	485	kg	kg	462	339	63.3	5.21	5.21	0.464	4.72	0.006	0.674	0.585	0.585	0	0.089	0.157	0.118	0.039	0.413
07.009	Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, luftgetrocknet, rau	485	kg	kg	318	255	63.3	4.98	4.97	0.249	4.72	0.006	0.511	0.421	0.421	0	0.089	0.138	0.091	0.039	0.413
07.012	Mitteldichte Faserplatte (MDF), LF-gebunden	685	kg	kg	1'550	1'420	129	5.85	5.84	1.23	4.61	0.006	4.48	4.37	3.20	1.17	0.102	0.956	0.856	0.100	0.396
07.013	OSB Platte, PF-gebunden, Feuchtbereich	605	kg	kg	1'030	925	107	8.26	8.25	3.16	5.09	0.006	2.71	2.61	2.08	0.535	0.098	0.565	0.485	0.080	0.444
07.024	Rohrspanplatte	272	kg	kg	1'350	1'240	107	6.89	6.88	1.96	4.92	0.006	3.65	3.56	2.91	0.647	0.098	0.815	0.735	0.080	0.429
07.015	Spanplatte, PF-gebunden, Feuchtbereich	640	kg	kg	889	782	107	4.36	4.36	0.778	3.58	0.006	2.56	2.46	1.61	0.856	0.098	0.531	0.451	0.080	0.417
07.016	Spanplatte, UF-gebunden, beschichtet, Trockenbereich	640	kg	kg	1'210	1'090	122	4.69	4.68	1.22	3.46	0.006	3.78	3.60	2.47	1.13	0.099	0.737	0.642	0.095	0.417
07.014	Spanplatte, UF-gebunden, Trockenbereich	640	kg	kg	889	782	107	4.36	4.36	0.778	3.58	0.006	2.56	2.46	1.61	0.856	0.098	0.531	0.451	0.080	0.417
07.018	Sperrholz/Multiplex, PF-gebunden, Feuchtbereich	500	kg	kg	2'880	2'770	107	10.0	10.0	5.90	4.15	0.006	6.85	6.85	6.11	0.741	0.098	1.43	1.35	0.080	0.410
07.017	Sperrholz/Multiplex, UF-gebunden, Trockenbereich	500	kg	kg	2'150	2'040	107	9.99	9.99	5.84	4.15	0.006	4.56	4.47	3.57	0.741	0.098	0.953	0.871	0.080	0.410
08	**Klebstoffe und Fugendichtungsmassen**	kg/m²																			
08.001	2-Komponenten Klebstoff	1'500	kg	kg	10'100	9'910	236	0.354	0.352	0.352	0	0.002	24.3	24.2	24.2	0	0.056	4.84	4.65	0.187	0
08.002	Heissbitumen	1'000	kg	kg	2'050	1'810	236	0.066	0.063	0.063	0	0.002	15.0	14.9	3.42	11.5	0.056	1.10	0.911	0.187	0
08.003	Kautschukdichtungsmasse	1'500	kg	kg	6'880	6'640	236	0.288	0.286	0.286	0	0.002	24.4	24.4	16.2	8.14	0.056	2.42	2.24	0.187	0
08.004	Polysulfiddichtungsmasse	1'600	kg	kg	2'990	2'660	236	0.413	0.411	0.411	0	0.002	7.81	7.75	6.51	1.24	0.056	1.72	1.53	0.187	0
08.005	Silicon-Fugenmasse	1'000	kg	kg	4'580	4'340	236	1.86	1.86	1.86	0	0.002	14.5	14.4	6.27	8.14	0.056	2.91	2.72	0.187	0
09	**Dichtungsbahnen und Schutzfolien**	kg/m²																			
09.001	Dampfbremse bituminös	1'100	kg	kg	5'230	2'790	2'430	0.661	0.646	0.646	0	0.015	13.5	13.2	5.64	7.57	0.268	3.64	1.31	2.33	0
09.002	Dampfbremse Polyethylen (PE)	920	kg	kg	6'930	4'120	2'810	0.855	0.844	0.844	0	0.011	24.8	24.6	13.4	11.2	0.210	5.42	2.75	2.67	0
09.003	Dichtungsbahn bitumenhaltig	1'100	kg	kg	4'360	1'930	2'430	0.271	0.256	0.256	0	0.015	12.3	12.0	4.66	7.37	0.268	3.34	1.01	2.33	0
09.004	Dichtungsbahn Gummi (EPDM)	1'100	kg	kg	8'110	4'970	3'240	0.826	0.813	0.813	0	0.013	24.7	24.5	16.3	8.14	0.225	5.84	2.74	3.10	0
09.005	Dichtungsbahn Polyolefin (FPO)	1'000	kg	kg	7'880	5'070	2'810	0.421	0.410	0.410	0	0.011	23.2	22.9	11.0	11.9	0.210	5.19	2.52	2.67	0
09.006	Kraftpapier	650	kg	kg	3'460	3'250	207	13.8	13.0	8.38	4.61	0.013	7.74	7.56	7.56	0	0.173	1.67	1.62	0.059	0.404
09.007	Polyethylenfolie (PE)	920	kg	kg	6'930	4'120	2'810	0.855	0.844	0.844	0	0.011	24.8	24.6	12.8	11.8	0.210	5.42	2.75	2.67	0
09.008	Polyethylenvlies (PE)	920	kg	kg	7'190	4'290	2'810	0.544	0.533	0.533	0	0.011	24.6	24.4	13.9	10.8	0.210	5.63	2.96	2.67	0
10	**Wärmedämmstoffe**	kg/m³																			
10.014	Aerogel-Vlies	150	kg	kg	73'600	73'200	409	12.1	12.1	12.1	0	0.012	230	229	229	0	0.175	48.8	48.5	0.289	0
10.012	Blähperlit	65-140	kg	kg	1'460	1'420	42.7	0.164	0.162	0.162	0	0.002	4.46	4.41	4.41	0	0.053	1.06	1.04	0.013	0
10.011	Blähvermiculit	65-140	kg	kg	690	647	42.7	0.050	0.048	0.048	0	0.002	1.56	1.51	1.51	0	0.053	0.396	0.383	0.013	0
10.016	Flachsfasern	30	kg	kg	2'950	2'570	372	5.97	5.96	0.956	5.00	0.012	5.32	5.17	5.17	0	0.155	1.91	0.776	0.236	0.440
10.017	Flachsfasern, feuerfest	30	kg	kg	3'530	3'160	372	5.47	5.46	0.456	5.00	0.012	7.52	7.36	7.36	0	0.155	1.45	1.22	0.235	0.440
10.001	Glaswolle	20-100	kg	kg	1'960	1'850	116	2.35	2.34	2.34	0	0.011	5.46	5.33	5.33	0	0.133	1.16	1.04	0.066	0
10.002	Korkplatte	120	kg	kg	2'170	2'000	173	7.94	7.92	3.77	4.15	0.012	6.24	6.09	5.09	1.00	0.149	1.11	1.07	0.039	0.496
10.003	Phenolharz (PF)	40	kg	kg	10'990	6'740	3'260	0.598	0.586	0.586	0	0.012	33.5	33.3	26.3	7.00	0.203	7.27	4.17	3.09	0
10.004	Polystyrol expandiert (EPS)	15-40	kg	kg	9'880	6'520	3'260	0.513	0.502	0.502	0	0.012	30.0	29.8	20.6	9.22	0.203	7.69	4.51	3.09	0
10.005	Polystrol extrudiert (XPS)	30-35	kg	kg	19'700	16'500	3'260	0.655	0.643	0.643	0	0.012	29.4	29.2	20.0	9.22	0.203	14.4	11.3	3.09	0
10.006	Polyurethan (PUR/PIR)	30	kg	kg	10'400	7'500	2'900	0.824	0.807	0.807	0	0.017	38.1	38.0	29.5	8.58	0.663	7.45	4.80	2.65	0
10.007	Schaumglas	100-165	kg	kg	1'790	1'720	42.7	1.88	1.88	1.88	0	0.002	5.17	5.12	5.12	0	0.053	1.19	1.18	0.013	0
10.013	Schaumglasschotter	125-150	kg	kg	499	457	42.7	0.262	0.260	0.260	0	0.002	1.74	1.69	1.69	0	0.053	0.168	0.148	0.013	0
10.008	Steinwolle	32-160	kg	kg	1'790	1'670	116	0.511	0.500	0.500	0	0.011	4.44	4.32	4.32	0	0.133	1.19	1.03	0.066	0
10.015	Strohballenwand	215	kg	kg	586	586	0	4.87	4.87	0.095	4.78	0	0.229	0.229	0.229	0	0	0.096	0.096	0	0.366
10.009	Weichfaserplatte	148	kg	kg	1'400	1'180	228	1.11	7.09	1.92	5.17	0.013	3.43	3.28	2.74	0.530	0.163	0.729	0.634	0.093	0.438
10.010	Zellulosefasern	35-60	kg	kg	558	396	163	0.259	0.245	0.245	0	0.014	1.65	0.883	0.883	0	0.166	0.281	0.210	0.072	0.404
11	**Bodenbeläge**	kg/m²																			
11.001	2K-Fliessbelag Industrie (Epoxidharz), 2.25 mm	4.55	m²	m²	41'800	33'500	8'250	1.52	1.44	1.44	0	0.081	65.1	62.8	53.7	8.12	2.27	18.4	11.2	7.24	0
11.002	2K-Fliessbelag Wohnen/Verwaltung (Epoxidharz, PU), 2 mm	3.6	m²	m²	25'800	21'300	4'540	2.05	1.99	1.99	0	0.061	62.0	60.5	58.2	2.31	1.45	13.9	10.0	3.97	0
11.003	Gussmarmorgranulat versiegelt, 7.5 mm	18.25	m²	m²	49'100	29'400	19'600	2.53	2.39	2.39	0	0.135	110	110	51.7	58.1	0.265	19.6	14.9	4.68	0
11.004	Gussasphalt, 27.5 mm	63.3	m²	m²	33'600	24'700	8'880	3.49	3.25	3.25	0	0.154	126	120	52.2	68.2	5.42	16.0	14.7	1.23	0
11.005	Hartbeton einschichtig, 27.5 mm	57.8	m²	m²	26'900	24'100	2'820	2.26	2.14	2.14	0	0.122	46.8	43.6	43.6	0	3.05	16.0	15.7	0.341	0
11.006	Hartbeton zweischichtig, 35 mm	73.5	m²	m²	34'100	31'300	2'820	2.85	2.72	2.72	0	0.155	59.1	56.1	56.1	0	3.05	20.3	19.9	0.433	0
11.007	Kautschuk, 3 mm	3.36	m²	m²	27'200	26'400	816	0.375	0.372	0.372	0	0.003	4.53	4.53	4.53	0	0.003	1.12	1.12	0	0
11.008	Weichfaserplatte, 6 mm	11	m²	m²	4'250	3'540	708	1.11	7.09	1.92	5.17	0.013	3.43	3.28	2.74	0.530	0.163	0.729	0.634	0.093	0.438
11.009	Weichfaserplatte, 9 mm	17	m²	m²	6'380	5'310	1'060	1.66	10.6	2.88	7.75	0.020	5.14	4.92	4.11	0.795	0.245	1.09	0.951	0.140	0.657

Ökobilanzdaten ausgewählter Baustoffe, anwendungsbezogen (S. 30–35, Ausschnitt)

Tragschicht, 1 m²						
Baustoff /-teil	**λ-Wert**	**Rohdichte**	**Typ. Dicke**	**Gewicht**	**Primärenergie n. erneuerbar**	**Treibhausgas-emissionen**
	W/(m×K)	**kg/m³**	**cm**	**kg/m²**	**kWh oil-eq**	**kg CO_2-eq**
Stahlbetonwand	2.20	2'360	20	473	169	73
*Hochbaubeton (ohne Bewehrung) **		*2'300*		*455*	*80*	*46*
Armierungsstahl, 90 kg pro m³ (ca. 1 % Vol.)		*7'850*		*18*	*90*	*27*
Backstein (Swissmodul)	0.30	1'000	20	200	158	53
Dämmbackstein (Porotherm T7)	0.07	575	49	282	258	80
Kalksandstein	0.70	1'400	20	280	109	45
Porenbeton (Ytong ThermStrong)	0.10	500	20	100	86	43
Porenbeton (Ytong ThermUltra)	0.07	300	48	144	124	61
Kalkstein natur	1.40	2'500	20	500	170	37
Massivholz-Wand (Brettschichtholz)	0.13	439	20	88	135	30
Massivholz-Wand Fichte (ohne Leim)	0.13	465	20	93	72	16

Wir haben aus den KBOB-Ökobilanzdaten (und einzelnen weiteren Quellen) gängige Baustoffe ausgewählt und deren Umweltkennwerte jeweils für 1 m² Bauteilfläche mit typischer Materialdicke angegeben, z.B. 20 cm Stahlbetonwand. So sind anschaulichere Vergleiche möglich.

Beispielrechnung:
von kg zu m² Bauteilfläche (per Dreisatz)

Tragschicht, 1 m²						
Baustoff /-teil	**λ-Wert**	**Rohdichte**	**Typ. Dicke**	**Gewicht**	**Primärenergie n. erneuerbar**	**Treibhausgas-emissionen**
	W/(m×K)	**kg/m³**	**cm**	**kg/m²**	**kWh oil-eq**	**kg CO_2-eq**
Backstein (Swissmodul)	0.30	1'000	20	200	158	53

Wert aus Produktdatenblatt (Swissmodul). 1'000 kg/m³

Wählen nach Erfordernis / Verfügbarkeit. Hier: 20 cm

Rohdichte mal typische Dicke (in Metern). 1'000 kg/m³ × 0.20 m = 200 kg/m²

Pro-kg-Wert aus KBOB-Tabelle mal Gewicht. 0.788 kWh oil-eq/kg × 200 kg = 158 kWh oil-eq

Pro-kg-Wert aus KBOB-Tabelle mal Gewicht. 0.267 kg CO_2-eq/kg × 200 kg = 53 kg CO_2-eq

	Ökobilanzdaten im Baubereich			KBOB / ecobau / IPB 2009/1											
ID-Nummer	BAUMATERIALIEN	Rohdichte/ Flächen-masse	Bezug	UBP'21			Primärenergie						Treibhausgas-emissionen		
				UBP			erneuerbar			nicht erneuerbar (Graue Energie)					
				Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung
				UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO_2-eq	kg CO_2-eq	kg CO_2-eq
02	Mauersteine	kg/m³													
02.001	Backstein	900	kg	372	329	42.7	0.680	0.678	0.002	0.788	0.735	0.053	0.267	0.254	0.013
02.002	Kalksandstein	1'400	kg	259	216	42.7	0.539	0.037	0.002	0.390	0.337	0.053	0.162	0.149	0.013
02.003	Leichtbetonstein	700	kg	354	311	42.7	0.793	0.700	0.002	0.764	0.712	0.053	0.180	0.167	0.013
02.004	Leichtzementstein, Blähton	1'200	kg	610	568	42.7	0.855	0.853	0.002	1.43	1.37	0.053	0.429	0.416	0.013

Überschlägige Ökobilanzen von Aussenbauteilen (S. 36–47, Ausschnitt)

1 m² Aussenwand, gedämmt										
Konstruktion	**Schichten / Energie**	**Lebens-dauer**	**Nutz-energie**	**Primärenergie n. erneuerbar**			**Treibhausgasemissionen**			
				kWh oil-eq			**kg CO_2-eq**			
		Jahre	**kWh/Jahr**	**gesamt**	**pro Jahr**		**gesamt**	**pro Jahr**		
Betonwand mit EPS-Dämmung, verputzt (U = 0.17 W/m²K)	Aussenputz ▤	30		34	1.1		9	0.3		
	EPS-Dämmung 20 cm	30		120	4.0		30	1.0		
	Klebemörtel	30		17	0.6		5	0.2		
	Stahlbeton 20 cm ▤	60		169	2.8		73	1.2		
	Innenputz ▤	30		20	0.7		6	0.2		
	Heizwärme		12.5		14.6	6.0 6.5		3.2	1.3 0.4	
	Summe				**23.8**	**15.2 15.7**		**6.1**	**4.2 3.3**	
Backsteinwand mit Steinwolledämmung, verputzt (U = 0.17 W/m²K)	Aussenputz ▤	30		34	1.1		9	0.3		
	Steinwolle 18 cm	30		75	2.5		20	0.7		
	Klebemörtel	30		17	0.6		5	0.2		
	Backstein Swissmodul 20 cm	60		158	2.6		53	0.9		
	Innenputz ▤	30		20	0.7		6	0.2		
	Heizwärme		12.5		14.5	6.0 6.5		3.2	1.3 0.4	
	Summe				**22.0**	**13.4 14.0**		**5.4**	**3.5 2.6**	

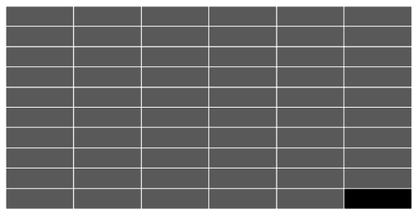
Nach dem Muster des zuvor gezeigten Beispiels werden die Umweltauswirkungen für die Erstellung des Bauteils (amortisiert über die Lebensdauer) und für den Heizbetrieb (in den Varianten Erdgas, Fernwärme, Erdsonden-Wärmepumpe) zusammengerechnet.

Beispielrechnung:
Ermittlung von Jahreswerten für die Erstellung

Graue Energie bzw. graue Emissionen umrechnen in Jahreswerte:

Amortisation, d.h. Gesamtwert geteilt durch angenommene Lebensdauer gemäss SIA 2032.

Beispiel 1 m² Backstein, 20 cm, Primärenergie nicht erneuerbar



Erstellung gesamt: 158 kWh oil-eq

geteilt durch 60 Jahre (a)

ergibt 2.6 kWh oil-eq/a

Hinweis: Die graduelle jährliche Amortisation ist fiktiv; in Wahrheit entstehen die Umwelt-auswirkungen der Erstellung im ersten Jahr der Lebensdauer (für die Produktion) bzw. letzten Jahr (für die Entsorgung). Zudem wird vorausgesetzt, dass kein Abbruch vor Ende der Lebensdauer erfolgt.

Beispielrechnung:
Umweltauswirkungen des Heizbetriebs

Heizungsanlage, Kennwerte für die Berechnung

Typ	*Bezugsgrösse / Endenergieträger*	*Effizienz*	*Primärenergie n. erneuerbar*	*Treibhausgasemissionen*
Erdgas kondensierend (Brennwerttechnik)	1 kWh Erdgas (oberer Heizwert) ≙ ca. 0,1 m³	Nutzungsgrad 0.9	1.05 kWh oil-eq	0.230 kg CO2-eq
Fernwärme (Kehrichtverbrennung u.a.)	1 kWh Fernwärme Energieträger-Mix Zürich	1.0	0.48 kWh oil-eq	0.101 kg CO2-eq
Wärmepumpe mit Erdsonden	1 kWh Strom CH-Verbrauchermix	Jahresarbeitszahl* 4.0	2.08 kWh oil-eq	0.125 kg CO2-eq

Heizgradtage, Zürich Fluntern Durchschnitt 2011–2020: 3'125 (K×d)/a

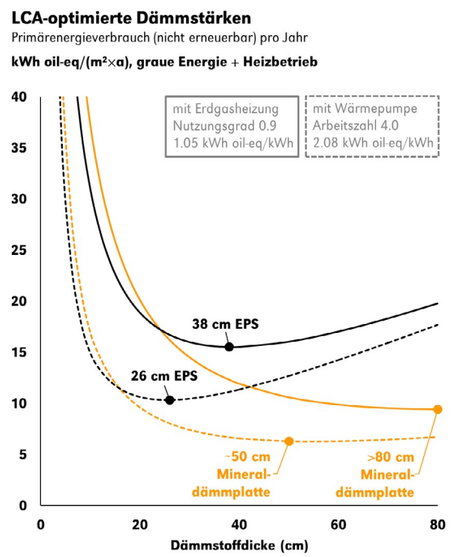
1. (Grobe) Schätzung des jährlichen Nutzenergiebedarfs fürs Heizen:
Nutzenergie ≈ Wärmeverlust pro Heizperiode: Heizgradtage × U-Wert × 24 h/d ÷ 1000

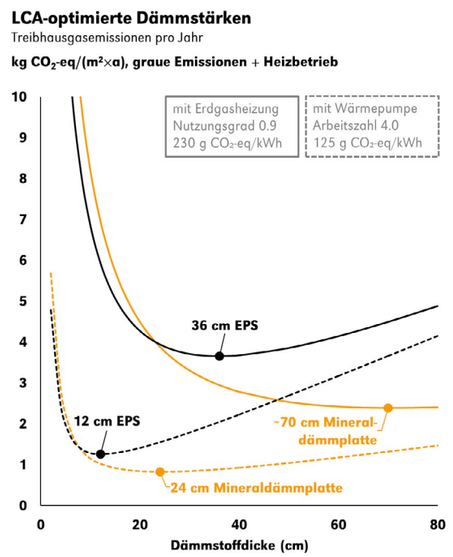
Beispiel: Bauteil mit U-Wert 0.10, Standort Zürich Fluntern
3'125 (K×d)/a × 0.10 W/(m²×K) × 24 h/d ÷ 1000 = 7.5 kWh/(m²×a)

2. Berechnung des Endenergieverbrauchs:
Nutzenergie ÷ Effizienz der Heizungsanlage = Endenergie

3. Berechnung der Umweltauswirkungen
Endenergie × Umweltkennwerte des Energieträgers = Umweltauswirkungen des Heizbetriebs

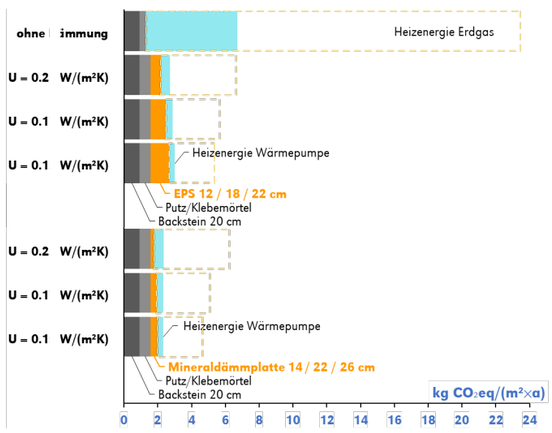
Beispiel: Heizungsanlage Wärmepumpe mit Erdsonden:
7.5 kWh/(m²×a) ÷ 4.0 × 2.08 kWh oil-eq/kWh = 3.9 kWh oil-eq/(m²×a)
7.5 kWh/(m²×a) ÷ 4.0 × 0.125 kg CO_2-eq/kWh = 0.23 kg CO_2-eq/(m²×a)





Zunächst fallen die Kurven steil ab, weil die Dämmung die Wärmeverluste stark verringert.
Dann bestimmen die linear zunehmenden Umweltkennwerte des Materials den Kurvenverlauf.
Das rechnerische Optimum kann diesseits oder jenseits des konstruktiven Maximums liegen!

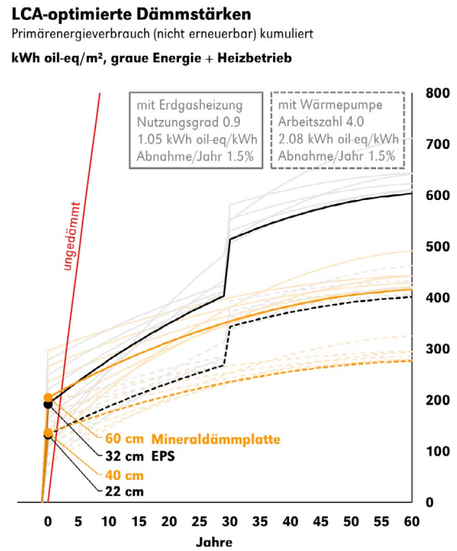
Exkurs zur Dämmstärke: «diminishing returns»?

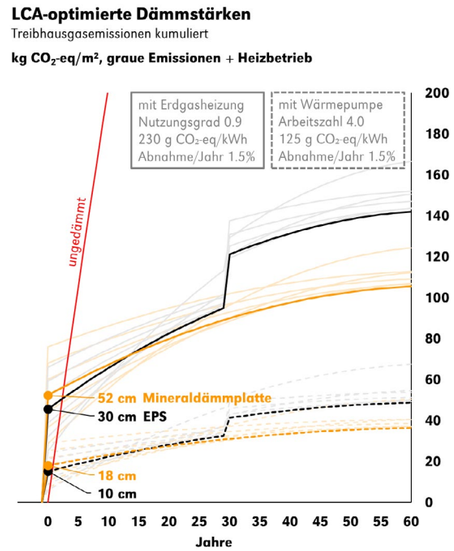


Das Beispiel zur Lebenszyklusbetrachtung legt nahe, dass es bei jedem Dämmstoff einen Punkt gibt, ab welchem der zusätzliche Materialaufwand die Extra-Einsparungen im Heizbetrieb überwiegt, je nach Energieträger.

Eine Optimierung hin zum niedrigsten Primärenergieverbrauch bzw. Treibhaus-gasausstoss ist möglich, siehe auch nach-folgende Kurvengrafiken und S. 48–51.

Hinweis: Eine solche isolierte Betrachtung pro Bauteil ist für Abschätzungen nützlich, sollte aber im Kontext weiterer Optimierungsüberlegungen stehen: Suffizienz, Mobilität, Kompaktheit, Ausrichtung, Öffnungsanteil etc. beeinflussen den ökologischen Fuss-abdruck evtl. stärker als die Materialwahl!





Hier eine andere, dynamische Betrachtungsweise: Umweltauswirkungen kumuliert über 60 Jahre. Offenkundig dominieren dabei die «Spikes» an grauer Energie bzw. grauen Emissionen, wenn der Betriebsenergieverbrauch reduziert und zunehmend erneuerbar gedeckt wird.

Überschlägige Ökobilanzen von Stützen, Decken
(S. 52–57, Ausschnitt)

Stütze h = 3 m, Variante 1, pro Stück

Typ / Dimensionen	Komponenten / Material	Gewicht	Lebens-dauer	Primärenergie nicht erneuerbar		Treihausgasemissionen	
				kWh oil-eq		kg CO_2-eq	
		kg	Jahre	gesamt	pro Jahr	gesamt	pro Jahr
Beton 20 x 20 cm	Beton C30/37	276.0	60	48	0.8	28	0.5
	Längsbewehrung B500B 4 x ⌀ 20	41.5	60	207	3.5	63	1.1
	Bügel B500B	6.0	60	30	0.5	9	0.2
	Summe	**323.5**	–	**285**	**4.8**	**100**	**1.7**
Holz rund ⌀ 32 cm	Vollholz C24 (unverleimt)	**112.2**	60	**87**	**1.5**	**20**	**0.3**
Holz rechteckig 20 x 36 cm	Brettschichtholz GL24h	**94.8**	60	**146**	**2.4**	**32**	**0.5**

Sind Material und Dimensionen eines Bauteils bekannt, lassen sich aus den Ökobilanzdaten die Umweltkennwerte bestimmen und in Varianten vergleichen. Im «Vademecum» wird dies beispielhaft für Stützen und Decken in gängigen Konstruktionsweisen dargestellt.
Der Tabellenausschnitt zeigt, dass sich ein genauer Blick lohnt:
Die Holzstützen schneiden bei der Ökobilanz besser ab als die Betonstütze, insbesondere das unverleimte Rundholz. Allerdings kann Holz Stahlbeton nicht überall ersetzen.

Kohlenstoffspeicherung in Baumaterialien
(S. 58–59, Ausschnitte)

Biogene Baustoffe, Zwischenspeicherung, 1 m²

Baustoff	Rohdichte	Kohlenstoff-gehalt	Typische Dicke	Gewicht	graue Emissionen	Kohlenstoff-gehalt	≙ Kohlen-dioxid
	kg/m³	kg C/kg	cm	kg	kg CO_2-eq	kg C	kg CO_2
Massivholz Buche / Eiche, kammergetrocknet	675	0.451	20	135	21	61	**223**
Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, kammergetrocknet	465	0.451	20	93	16	42	**154**
Zellulose (Schüttung)	50	0.404	20	10	3	4	**15**
Holzfaserdämmplatte (hinterlüftet/Gefach)	115	0.436	20	23	17	10	**37**
Hanf-Kalk-Ziegel (Schönthaler)	300	0.150	20	60	22	9	**33**
Stroh (BauStroh)	115	0.368	35	40	4	15	**54**

Biogene Baustoffe (Holz, Stroh etc.) binden währen des Pflanzenwachstums beträchtliche Mengen an Kohlenstoff (wird seit März 2022 in den KBOB Ökobilanzdaten ausgewiesen). Die entsprechende Menge CO_2, die so der Atmosphäre entzogen wird, kann je nach Material die grauen Emissionen deutlich übertreffen. Aber: Am Ende der Nutzungsdauer wird der gespeicherte Kohlenstoff wieder freigesetzt, wenn das Material verrottet oder verbrannt wird.
Verbindet sich Kohlenstoff (C) mit Sauerstoff (O) zu CO_2, vervielfacht sich das Gewicht um den Faktor 3.67. Beispiel: 40 kg Stroh bestehen zu 37 % aus Kohlenstoff, d.h. 15 kg C.
Umgewandelt in Kohlenstoffdioxid entspricht das 54 kg CO_2.

Biogene Baustoffe, CO_2-Senkenwirkung im Zeitrahmen <100 Jahre, 1 m²

Baustoff	Rohdichte	Kohlenstoff-gehalt	Typische Dicke	Gewicht	graue Emissionen	Senken-wirkung	Netto-wirkung
	kg/m³	kg C/kg	cm	kg	kg CO_2-eq	kg CO_2-eq	kg CO_2-eq
Massivholz (Laubholz), Tragstruktur	640	0.491	20	128	10	-28	**-18**
Bambus (Glue Laminated Bamboo GLB)	636	0.518	20	127	98	-117	**-19**
Strohdämmung	95	0.409	35	33	5	-24	**-19**

In der Schweizer Praxis der Ökobilanzierung wird biogener Kohlenstoff üblicherweise als «durchlaufender Posten» behandelt, d.h. es gibt weder Gutschriften für Kohlenstoffspeicherung noch eine Belastung der Emissionen bei der stofflichen Verwertung (z.B. Verbrennung in Biomasse-Kraftwerk). Fachlich diskutiert wird jedoch eine Quantifizierung der verzögerten Klimawirkung: Innerhalb eines begrenzten Zeitrahmens (<100 Jahre) lässt sich bei genügend langer Speicherdauer (hier ~60 Jahre) eine Minderung des CO_2-Fussabdrucks errechnen – ein nützlicher Zeitgewinn auf dem Weg zur Klimaneutralität. Insbesondere bei schnell nachwachsenden Pflanzenbaustoffen ist der Effekt ausgeprägt. (Werden sie zur Wärmedämmung verwendet, bringen sie noch den Zusatznutzen niedriger Betriebsemissionen. Bei biogenen Dämmstoffen gilt also: Je dicker, desto besser!)

Beispiel 33 kg Strohdämmung: Aus der Summe von grauen Emissionen (5 kg CO_2-eq) plus CO_2-Senkenwirkung (-24 kg CO_2-eq) resultieren netto Negativemissionen von -19 kg CO_2-eq.

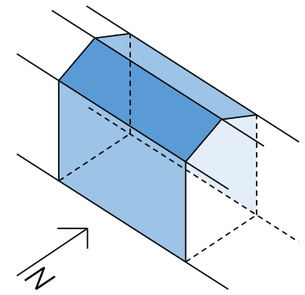
(Anmerkung: Die Daten stammen aus der Studie «Material Diets for Climate-Neutral Construction» von Olga Beatrice Carcassi, Guillaume Habert et al. (2022). Sie sind nicht ohne Weiteres mit den KBOB/SIA-Daten kompatibel.)

Beispiel Lebenszyklusbetrachtung: Photovoltaik und Solarthermie am Gebäude

Gegeben sei ein Mehrfamilienhaus, beheizt mit Erdsonden-Wärmepumpe.
Strombedarf für Wärme und Wohnnutzung 24'000 kWh/Jahr.
Für eine mögliche Nutzung von Solarenergie stehen zur Verfügung:
je 100 m² Dachfläche nach Norden und Süden, 37° geneigt
je 50 m² Fassadenfläche nach Norden und Süden

<u>Abschätzung:</u>

- mögliche Erträge Strom aus Photovoltaik
- Deckungsgrad des Strombedarfs
- Ökobilanz PV-Strom im Vergleich zum Netzstrom
  … *«Ist eine PV-Anlage hier sinnvoll?»*
- Ökobilanz Solarthermie im Vergleich zur Wärmepumpe, betrieben mit PV-Strom
  … *«Ist Solarthermie hier sinnvoll?»*



Beispiel PV und Solarthermie am Gebäude
Photovoltaik, Erträge (S. 64–65, Ausschnitt)

Erträge absolut in kWh/(m²×a)

Zelltyp	Platzierung	kWh/(m²×a) je Ausrichtung (Degradation eingerechnet)								
		horizontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°
Silizium, monokristallin	Flachdach	186	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	219	208	175	133	113	131	171	204
	Fassade	–	154	145	109	63	39	62	105	140

Ertrag Dachfläche nach Süden: 100 m² × 219 kWh/(m²×a) = 21'900 kWh/a
Ertrag Dachfläche nach Norden: 100 m² × 113 kWh/(m²×a) = 11'300 kWh/a
Ertrag Fassadenfläche nach Süden: 50 m² × 154 kWh/(m²×a) = 7'700 kWh/a
Ertrag Fassadenfläche nach Süden: 50 m² × 39 kWh/(m²×a) = 1'950 kWh/a
Ertrag gesamt: 42'850 kWh/a
Deckungsgrad: Ertrag 42'850 kWh/a ÷ Bedarf 24'000 kWh/a = 179 %

Wenn im Beispiel alle verfügbaren Flächen genutzt werden, produziert die Photovoltaik-Anlage deutlich mehr Energie, als das Gebäude im Jahr verbraucht (Verschattung nicht berücksichtigt). Der Grossteil des Stromertrags fällt im Sommer an, so dass in den Wintermonaten zusätzlich noch Netzstrom gebraucht wird.

Beispiel PV und Solarthermie am Gebäude
Vergleich: Photovoltaik vs. CH-Netzstrom (S. 66, Ausschnitt)

Umweltkennwerte für selbst produzierten Strom aus PV (schlechter / gleich / besser als Benchmark)

Zelltyp	Platzierung	Primärenergie nicht erneuerbar, kWh Öl-eq/kWh je Ausrichtung								Treibhausgasemissionen, g CO_2-eq/kWh je Ausrichtung							
		horizontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°	horizontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°
Silizium, monokristallin	Flachdach	0.18	–	–	–	–	–	–	–	–	51	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	0.14	0.15	0.17	0.23	0.27	0.23	0.18	0.15	–	38	40	48	63	75	64	49	41
	Fassade	–	0.24	0.26	0.34	0.59	0.97	0.60	0.35	0.27	–	66	70	94	162	265	166	97	73
«Benchmark» (Vergleichsgrösse) 1 kWh Endenergie Strom aus CH-Verbrauchermix		2.08									125								

Die Umweltkennwerte des PV-Stroms ergeben sich, indem die Primärenergie und die Treibhausgasemissionen zur Herstellung der Anlage (S. 63) auf die produzierten kWh umgelegt werden.

Der PV-Strom im Beispiel hat nur an der Nordfassade schlechtere Kennwerte als der Schweizer Netzstrom. Lässt man diesen Anlagenteil weg, beträgt der Deckungsgrad immer noch 170 %.

Hinweis: Der hohe Anteil an Wasser- und Atomkraft in der Schweizer Stromproduktion führt zu einem im internationalen Vergleich niedrigen Ausstoss an Treibhausgasen. Unter der Annahme, dass zuerst fossil erzeugter (Import-)Strom durch PV-Strom ersetzt wird, sind auch PV-Flächen mit ungünstigerer (Nord-)Ausrichtung vertretbar.

Beispiel PV und Solarthermie am Gebäude
Vergleich: Solarthermie vs. Wärmepumpe + PV (S. 73, Ausschnitt)

Umweltkennwerte für Nutzwärme aus Solarthermie (schlechter / gleich / besser als Benchmark)

Kollektortyp und Anwendung	Platzierung	Primärenergie nicht erneuerbar, kWh Öl-eq/kWh Nutzwärme je Ausrichtung								Treibhausgasemissionen, g CO_2-eq/kWh Nutzwärme je Ausrichtung							
		horizontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°	horizontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°
Flachkollektor für Warmwasser MFH	Flachdach	0.07	–	–	–	–	–	–	–	–	17	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	0.04	0.05	0.06	0.10	0.13	0.10	0.07	0.05	–	11	11	16	25	33	26	17	12
	Fassade	–	0.07	0.07	0.10	0.15	0.20	0.16	0.12	0.08	–	17	18	26	37	50	41	29	20
«Benchmark» (Vergleichsgrösse) Warmwasser / Raumheizung und WW Wärmepumpe an PV-Strom		variabel									variabel								

Analog werden die Umweltkennwerte der Solarthermie durch Umlegen des Erstellungsaufwands der Anlage (S. 69) auf die produzierten kWh ermittelt. Diese lassen sich mit den Kennwerten einer Anlagenkombination aus Photovoltaik und Wärmepumpe vergleichen.

Im Beispiel würden sich alle betrachteten Flächen für die Produktion von Warmwasser aus Solarthermie eignen, am besten das Süd-Dach.

Die Wärmepumpe arbeitet bei Warmwasser mit einer Jahresarbeitszahl (JAZ) von ca. 2.0.
Berechnungsbeispiel Schrägdach Süd, Kennwert Nutzwärme Warmwasser (ca.):
Treibhausgasemissionen PV-Strom 38 g CO_2-eq/kWh ÷ JAZ 2.0 = 19 g CO_2-eq/kWh.
Der Kennwert der Solarthermieanlage von 11 g CO_2-eq/kWh ist also im Vergleich besser.

Tools, Links, etc.

Am Ende des Hefts finden sich Links zu weiteren Planungstools, die je nach Projekterfordernis herangezogen werden können (S. 86–91).

Weder die Liste der Tools noch die Datentabellen im «Vademecum» sind abschliessend.
Sie sollen eine Basis bilden, sich das Thema Ökobilanzierung selbst weiter anzueignen und im Planungsprozess von Beginn mitzudenken.

DATENSAMMLUNG BAUSTOFFE UND BAUTEILE

Charles-Édouard Jeanneret on the Acropolis, near a collapsed column at the Parthenon, September 1911
Foto: August Klipstein ©FLC/ADAGP

Vergleichsgrössen

Von Energie- oder Gasmengen sind haben wir zumeist nur eine abstrakte Vorstellung. Die folgende Auswahl soll die relevanten Grössenordnungen vermitteln.
(Ohne Anspruch auf Vollständigkeit, bzw. mit der Anregung, die Sammlung um eigene Vergleichsgrössen zu erweitern!)

Jährliche Treibhausgasemissionen, gesamt

Bezugsrahmen	CO_2-eq/a
weltweit (2019)	49. 8 Mrd. t
weltweit, pro Kopf (2019, 7.7 Mrd. Menschen)	6.5 t
Schweiz, Inland (2019)	46.1 Mio. t
Schweiz, Inland pro Kopf (2019, 8.5 Mio. Menschen)	5.4 t
Schweiz pro Kopf inkl. im Ausland anfallende THG (2019)	ca. 13 t
Schweiz, Anteil Gebäudesektor (2019, 24%)	11.2 Mio. t

Daten: https://www.climatewatchdata.org/, https://www.bafu.admin.ch/ (Zugriff 13.01.2023)

Energieverbrauch in Gebäuden, Schweiz (2.3 Mio.*)

Verwendungszweck	Endenergie	Anteil
	Mrd. kWh/a	%
Raumwärme	62.0	30.1
Warmwasser	12.7	6.1
Lüftung, Klima, HT	5.8	2.8
Beleuchtung	5.2	2.5
Gebäude gesamt	85.6	41.6
Schweiz, Inland, Verbrauch gesamt	206.0	100.0

* davon 1.8 Mio. Gebäude mit Wohnnutzung
Daten: Stand 2019, Bundesamt für Energie BFE / Prognos TEP 2020 / Bundesamt für Statistik BFE 2020

Stromverbrauch Haushalte, Schweiz (3.7 Mio.)

Durchschnittl. Verbrauch (inkl. «Ausreisser»)	ca. 5'000 kWh/a
Typischer Verbrauch 2-Personenhaushalt MFH	2'190 kWh/a (± 1 Person: 460 kWh)
Typischer Verbrauch 4-Personenhaushalt EFH	4'050 kWh/a (± 1 Person: 590 kWh)

Ohne Wärmepumpen, E-Autos. Daten: https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/10559

Umweltkennwerte

	Primärenergie n. erneuerbar	Treibhausgas-emissionen
	kWh oil-eq	kg CO_2-eq
Energieträger (Endenergieverbrauch)		
1 kWh Erdgas ≙ ca. 0,1 m³	1.05	0.230
1 kWh Erdöl ≙ ca. 0,1 Liter	1.25	0.324
1 kWh Strom CH-Verbrauchermix	2.08	0.125
1 kWh Photovoltaik-Strom *	0.14	0.038
Mobilität (pkm = Personenkilometer)		
10.000 pkm Flugreise **	5'330	2'830
10.000 pkm Autofahren, Benzin	8'700	2'120
10.000 pkm Autofahren, Strom CH-Mix	6'400	928
10.000 pkm Autofahren, Strom erneuerbar	3'850	791
10.000 pkm Reisebus	2'500	612
10.000 pkm Tram	3'950	432
10.000 pkm Regionalzug	598	91
10.000 pkm Fernzug	441	74
Transporte (tkm = Tonnenkilometer)		
100 tkm Gütertransport Hochseeschiff	2.9	0.74
100 tkm Gütertransport Zug	5.4	1.23
100 tkm Gütertransport Lastwagen, Durchschn.	60.4	14.4

Hinweis: Der hohe Anteil an Wasser- und Atomkraft in der Schweizer Stromproduktion führt zu einem vergleichsweise niedrigen Ausstoss an Treibhausgasen; Bsp. Deutschland ca. 0.4 kg CO_2-eq pro kWh Strom.

* Silizium monokristallin, Wirkungsgrad 20%, opt. Ausrichtung zur Sonne (eigene Berechnung)
** inkl. Klimaeffekte durch Kondensstreifen, Ozonbildung
*** CH-Verbrauchermix
Daten: KBOB Ökobilanzdaten 2009/1:2022

Anforderungen nach SIA 2040:2017 Effizienzpfad Energie (Auszüge)

Basierend auf den Zielsetzungen der «2000-Watt-Gesellschaft» definiert das Merkblatt SIA 2040 Richt- und Zielwerte für verschiedene Gebäudetypen im Neu- und Umbau.
Als SIA-Effizienzpfad-kompatibel gelten Bauten, die die Zielwerte und die Zusatzanforderungen einhalten; von den einzelnen Richtwerten kann abgewichen werden.
Bezugsgrösse ist die Energiebezugsfläche (EBF). *Hinweis: Das Merkblatt ist zur Zeit in Überarbeitung und wird voraussichtlich mit strengeren Zielwerten neu herausgegeben.*

Richtwerte, Zielwerte, Zusatzanforderungen pro m² EBF u. Jahr	**Primärenergie n. erneuerbar**		**Treibhausgas-emissionen**	
	kWh oil-eq		**kg CO_2-eq**	
	Neubau	Umbau	Neubau	Umbau
Wohnen (60 m² EBF / Person)				
Richtwert Erstellung	*30*	*20*	*9*	*5*
Richtwert Betrieb	*70*	*70*	*3*	*5*
Richtwert Mobilität	*30*	*30*	*4*	*4*
Zielwert (= Erstellung + Betrieb + Mobilität)	120	120	16	14
Zusatzanforderung (= Erstellung + Betrieb)	90	90	12	10
Wohnen mit Belegungsvorschriften (45 m² EBF / Person)				
Richtwert Erstellung	*30*	*20*	*9*	*5*
Richtwert Betrieb	*90*	*100*	*6*	*8*
Richtwert Mobilität	*40*	*40*	*6*	*6*
Zielwert (= Erstellung + Betrieb + Mobilität)	160	160	21	19
Zusatzanforderung (= Erstellung + Betrieb)	120	120	15	13
Verwaltung				
Richtwert Erstellung	*40*	*20*	*9*	*6*
Richtwert Betrieb	*80*	*100*	*4*	*6*
Richtwert Mobilität	*40*	*40*	*7*	*7*
Zielwert (= Erstellung + Betrieb + Mobilität)	160	160	20	19
Zusatzanforderung (= Erstellung + Betrieb)	120	120	13	12

Richtwerte, Zielwerte, Zusatzanforderungen pro m² EBF u. Jahr	**Primärenergie n. erneuerbar**		**Treibhausgas-emissionen**	
	kWh oil-eq		**kg CO_2-eq**	
	Neubau	Umbau	Neubau	Umbau
Schule				
Richtwert Erstellung	*30*	*20*	*9*	*6*
Richtwert Betrieb	*50*	*60*	*2*	*4*
Richtwert Mobilität	*20*	*20*	*3*	*3*
Zielwert (= Erstellung + Betrieb + Mobilität)	100	100	14	13
Zusatzanforderung (= Erstellung + Betrieb)	80	80	11	10
Fachgeschäft				
Richtwert Erstellung	*40*	*20*	*9*	*6*
Richtwert Betrieb	*130*	*150*	*7*	*7*
Richtwert Mobilität	*30*	*30*	*6*	*6*
Zielwert (= Erstellung + Betrieb + Mobilität)	200	200	12	19
Zusatzanforderung (= Erstellung + Betrieb)	170	170	15	13
Restaurant				
Richtwert Erstellung	*40*	*20*	*9*	*5*
Richtwert Betrieb	*200*	*220*	*10*	*12*
Richtwert Mobilität	*140*	*140*	*24*	*24*
Zielwert (= Erstellung + Betrieb + Mobilität)	380	380	43	41
Zusatzanforderung (= Erstellung + Betrieb)	240	240	19	17

EBF = Energiebezugsfläche, d.h. beheizte und/oder gekühlte Geschossfläche innerhalb der thermischen Gebäudehülle.
Ermittlung der Kennwerte: Erstellung nach SIA 2032, Betrieb nach SIA 380 (u.a.), Mobilität nach SIA 2039.
Für die Phasen Vorstudien/Vorprojekt ist beim SIA auf www.energytools.ch eine Rechenhilfe SIA 2040 (Excel-Tool) zu beziehen.

Übersicht Wärmedämmstandards

Als minimaler Dämmstandard für Neu- und Umbau gelten die Grenzwerte nach SIA 380/1 (entspricht Standard Minergie bzw. MuKEn 2014).
Verbesserte Dämmstandards sind 70% des Grenzwerts (analog Minergie-P) oder der Zielwert nach SIA 380/1.
Nachfolgend sind die U-Werte für Einzelbauteile aufgelistet. (Per Systemnachweis sind im konkreten Einzelfall höhere U-Werte zulässig.)
Hinweise: Die jeweils beispielhaft aufgeführten Dämmschichten sind ca.-Werte; sonstige Bauteilschichten und Wärmebrücken (Anker, Dübel, Lattung etc.) sind nicht berücksichtigt.
Innendämmung von Aussenwänden ist nicht mit allen Dämmstoffen möglich, ebenso Dämmung von erdberührten Bauteilen.
Die tatsächlich verwendbaren Materialstärken richten sich nach den verfügbaren Produkten und den jeweiligen konstruktiven Anforderungen.

Grenzwerte U_{li} nach SIA 380/1 – entspricht Standard Minergie

Bauteile	gegen Aussenklima oder weniger als 2 m im Erdreich		gegen unbeheizte Räume oder mehr als 2 m im Erdreich		Material Beispiele
	W/(m²·K)	Dämmschicht	W/(m²·K)	Dämmschicht	
opak, neu (Dach, Decke, Wand, Boden)	**0.17**	4 cm mit λ = 0.007 15 cm mit λ = 0.025 20 cm mit λ = 0.035 23 cm mit λ = 0.040 26 cm mit λ = 0.045 29 cm mit λ = 0.050 40 cm mit λ = 0.070	**0.25**	3 cm mit λ = 0.007 10 cm mit λ = 0.025 14 cm mit λ = 0.035 16 cm mit λ = 0.040 18 cm mit λ = 0.045 20 cm mit λ = 0.050 27 cm mit λ = 0.070	Vakuumdämmung PUR/PIR Mineralwolle, EPS, XPS, ... Schaumglas, Zellulose, Holzfaser, ... Mineraldämmplatte, ... Stroh, Kork, ... Dämmbackstein, Porenbeton, ...
opak, Umbau (Dach, Decke, Wand, Boden)	**0.25**	3 cm mit λ = 0.007 10 cm mit λ = 0.025 14 cm mit λ = 0.035 16 cm mit λ = 0.040 18 cm mit λ = 0.045 20 cm mit λ = 0.050 27 cm mit λ = 0.070	**0.28**	2.5 cm mit λ = 0.007 9 cm mit λ = 0.025 12 cm mit λ = 0.035 14 cm mit λ = 0.040 16 cm mit λ = 0.045 18 cm mit λ = 0.050 24 cm mit λ = 0.070	Vakuumdämmung PUR/PIR Mineralwolle, EPS, XPS, ... Schaumglas, Zellulose, Holzfaser, ... Mineraldämmplatte, ... Stroh, Kork, ... Dämmbackstein, Porenbeton, ...
Fenster, Fenstertüren	**1.0**		**1.3**		3-fach Wärmeschutzglas
Türen	**1.2**		**1.5**		
Tore	**1.7**		**2.0**		
Storenkasten	**0.50**		**0.50**		

70 % U_{li} (Neubau) / 90 % U_{li} (Umbau) – analog Standard Minergie-P					
Bauteile	**gegen Aussenklima oder weniger als 2 m im Erdreich**		**gegen unbeheizte Räume oder mehr als 2 m im Erdreich**		**Material Beispiele**
	W/(m²·K)	**Dämmschicht**	**W/(m²·K)**	**Dämmschicht**	
opak, neu (Dach, Decke, Wand, Boden)	**0.12**	6 cm mit λ = 0.007 20 cm mit λ = 0.025 28 cm mit λ = 0.035 32 cm mit λ = 0.040 36 cm mit λ = 0.045 40 cm mit λ = 0.050 57 cm mit λ = 0.070	**0.17**	4 cm mit λ = 0.007 15 cm mit λ = 0.025 20 cm mit λ = 0.035 23 cm mit λ = 0.040 26 cm mit λ = 0.045 29 cm mit λ = 0.050 40 cm mit λ = 0.070	Vakuumdämmung PUR/PIR Mineralwolle, EPS, XPS, ... Schaumglas, Zellulose, Holzfaser, ... Mineraldämmplatte, ... Stroh, Kork, ... Dämmbackstein, Porenbeton, ...
opak, Umbau (Dach, Decke, Wand, Boden)	**0.15**	4.5 cm mit λ = 0.007 16 cm mit λ = 0.025 23 cm mit λ = 0.035 26 cm mit λ = 0.040 30 cm mit λ = 0.045 33 cm mit λ = 0.050 46 cm mit λ = 0.070	**0.22**	3 cm mit λ = 0.007 11 cm mit λ = 0.025 15 cm mit λ = 0.035 18 cm mit λ = 0.040 20 cm mit λ = 0.045 22 cm mit λ = 0.050 31 cm mit λ = 0.070	Vakuumdämmung PUR/PIR Mineralwolle, EPS, XPS, ... Schaumglas, Zellulose, Holzfaser, ... Mineraldämmplatte, ... Stroh, Kork, ... Dämmbackstein, Porenbeton, ...
Fenster, Fenstertüren	**0.70** (Neubau) / **0.90** (Umbau)		**0.90** (Neubau) / **1.2** (Umbau)		3-fach Wärmeschutzglas
Türen	**0.80** (Neubau) / **1.1** (Umbau)		**1.0** (Neubau) / **0.90** (Umbau)		
Tore	**1.2** (Neubau) / **1.5** (Umbau)		**1.4** (Neubau) / **1.8** (Umbau)		
Storenkasten	**0.35** (Neubau) / **0.45** (Umbau)		**0.35** (Neubau) / **0.45** (Umbau)		

Zielwerte U_{ta} nach SIA 380/1			
Bauteile	**W/(m²·K)**	**Dämmschicht**	**Material Beispiele**
opak (Dach, Decke, Wand, Boden)	**0.10**	7 cm mit λ = 0.007 25 cm mit λ = 0.025 35 cm mit λ = 0.035 40 cm mit λ = 0.040 45 cm mit λ = 0.045 50 cm mit λ = 0.050 70 cm mit λ = 0.070	Vakuumdämmung PUR/PIR Mineralwolle, EPS, XPS, ... Schaumglas, Zellulose, Holzfaser, ... Mineraldämmplatte, ... Stroh, Kork, ... Dämmbackstein, Porenbeton, ...
Fenster, Fenstertüren, Türen, Tore	**0.80**		3-fach Wärmeschutzglas

Ökobilanzdaten ausgewählter Baustoffe, anwendungsbezogen

Materialspezifische Kennwerte zur nicht erneuerbaren Primärenergie sowie zu den Treibhausgasemissionen für Herstellung und Entsorgung («Graue» Energie, «Graue» Emissionen), lassen sich den KBOB-Tabellen «Ökobilanzdaten im Baubereich» entnehmen. Diese bilden auch die Grundlage für die meisten der unten aufgeführten Daten. Für die Anwendung in Planung und Entwurf sind die KBOB-Daten jedoch nicht unmittelbar anschaulich, weil sie zumeist pro kg angegeben sind.
Nachfolgend wird für eine Auswahl gängiger Baustoffe eine Umrechnung in 1 m² Bauteilfläche angegeben, basierend auf einer typischen Schichtdicke. Bei Dämmstoffen variiert zudem die Dichte je nach Anwendung. (Einige nicht in der KBOB-Liste enthaltene Materialien wurden anhand Produktdeklarationen (EPDs) ergänzt.)

Tragschicht, 1 m² *(hier: Wände. Decken siehe gesonderte Tabelle.)*

Baustoff /-teil	λ-Wert	**Rohdichte**	**Typ. Dicke**	**Gewicht**	**Primärenergie n. erneuerbar**	**Treibhausgas-emissionen**
	W/(m×K)	**kg/m³**	**cm**	**kg/m²**	**kWh oil-eq**	**kg CO_2-eq**
Stahlbetonwand *	2.20	2'360	20	473	169	73
Hochbaubeton (ohne Bewehrung)		*2'300*		*455*	*80*	*46*
Armierungsstahl, 90 kg pro m³ (ca. 1 % Vol.)		*7'850*		*18*	*90*	*27*
Stahlbetonwand mit Portlandzement (CEM I) **	2.20	2'300	20	461	182	77
Stahlbetonwand mit Hochofenzement (CEM III/B) **	2.20	2'250	20	451	177	52
Backstein (z.B. Swissmodul)	0.30	1'000	20	200	158	53
Dämmbackstein (z.B. Porotherm T7)	0.07	575	36.5	210	192	59
Kalksandstein	0.70	1'400	20	280	109	45
Porenbeton (z.B. Ytong ThermStrong)	0.10	500	36.5	183	157	78
Porenbeton (z.B. Ytong ThermUltra)	0.07	300	36.5	110	94	47
Kalkstein natur	1.40	2'500	20	500	170	37
Stampflehm	1.16	2'000	35	700	56	14
Massivholz-Wand (Brettschichtholz)	0.13	439	20	88	135	30
Massivholz-Wand Fichte (ohne Leim)	0.13	465	20	93	72	16
Holzständerwand (tragende Komponenten)			22.5	24	48	10
Konstruktionsholz Ständer u. Riegel (10% Vol.)	*0.13*	*465*	*20*	*9*	*7*	*1.6*
OSB-Platte Beplankung innen	*0.13*	*605*	*2.5*	*15*	*41*	*8.5*

* Daten aus Ökobilanzdaten im Baubereich KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022.
** Daten aus Betonsortenrechner: https://treeze.ch/fileadmin/user_upload/calculators/Betonsortenrechner_Planer_DE/Betonsortenrechner_Planer.htm
Annahme Mauerwerk: Planblöcke, Mörtelanteil wird vernachlässigt.

Dämmschicht, 1 m²						
Baustoff /-teil	λ-Wert	**Rohdichte**	**Typ. Dicke**	**Gewicht**	**Primärenergie n. erneuerbar**	**Treibhausgas-emissionen**
	W/(m×K)	**kg/m³**	**cm**	**kg/m²**	**kWh oil-eq**	**kg CO_2-eq**
Steinwolle (Flachdach, druckfest)	0.040	150	20	30.0	134	36
Steinwolle (Kompaktfassade)	0.035	93	20	18.6	83	22
Steinwolle (hinterlüfte Fassade)	0.035	50	20	10.0	45	12
Glaswolle (hinterlüftete Fassade)	0.035	30	20	6.0	33	7
Schaumglas	0.042	115	20	23.0	119	27
Mineraldämmplatte (Kompaktfassade, z.B. Multipor)	0.045	110	20	22.0	68	20
Mineraldämmplatte (Innendämmung, z.B. Multipor)	0.042	90	10	9.0	28	8
Mineraldämmplatte (Innendämmung, Calciumsilikat)	0.062	185	10	18.5	121	38
EPS Polystyrol expandiert	0.035	20	20	4.0	120	30
XPS Polystyrol extrudiert	0.035	33	20	6.6	194	95
Polyurethan (PUR/PIR)	0.026	30	20	6.0	181	45
VIP Vakuumisolation	0.008	180	2.5	4.5	190	42
Zellulose (Schüttung)	0.040	50	20	10.0	11	3
Holzfaserdämmplatte (Kompaktfassade)	0.042	140	20	28.0	96	20
Holzfaserdämmung (hinterlüftete Fassade)	0.040	115	20	23.0	79	17
Hanf-Kalkziegel	0.070	300	20	60.0	115	22
Stroh	0.049	115	35	40.3	9	4
Installationsebene (raumseitig, gedämmt)			8.5	26	47	10
2 × Gipskarton mit Spachtel u. Anstrich			*2.5*	*23*	*36*	*8*
Holzlattung (10 % Vol.)			*6*	*3*	*2*	*0*
Holzfasermatte (90 % Vol.)	*0.040*	*60*	*6*	*3*	*11*	*2*

Der λ-(Lambda-)Wert [W/(m×K)] bezeichnet die Wärmeleitfähigkeit eines Stoffs. Je niedriger der Wert, desto geringer die Wärmeleitfähigkeit.
Aus dem λ-Wert und der Schichtdicke d wird der Wärmedurchlasswiderstand R ermittelt: $R = d/\lambda$ [(m²×K)/W] .
Beispiel 20 cm Dämmung: R = 0.2 / 0.035 = 5.71 (m²×K)/W.
Aus den Wärmedurchlasswiderständen der Bauteilschichten sowie den Wärmeübergangswiderständen R_{si}, R_{se} an den inneren und äusseren Oberflächen wird der U-Wert einer Konstruktion berechnet, der Wärmedurchgangskoeffizient: $U = 1 / (R_{si} + R_1 + R_2 + ... + R_{se})$ [W/(m²×K)].
Je niedriger der U-Wert, desto geringer die Wärmeverluste.
Beispiel Aussenwand 20 cm Backstein und Dämmung (vereinfacht ohne Putz): U = 1 / (0.13 + 0.57 + 5.71 + 0.04) = 0.16 W/(m²×K)

Schutzschicht, 1 m²						
Baustoff /-teil	λ-Wert	**Rohdichte**	**Typ. Dicke**	**Gewicht**	**Primärenergie n. erneuerbar**	**Treibhausgas-emissionen**
	W/(m×K)	**kg/m³**	**cm**	**kg/m²**	**kWh oil-eq**	**kg CO_2-eq**
Innenputz			1.5	22.2	20	6
Anstrich				*0.3*	*4*	*1*
Deckputz (Weissputz)	*1.0*	*1'100*	*0.3*	*3.3*	*2*	*0*
Grundputz (Kalk-Zement)	*1.0*	*1'550*	*1.2*	*18.6*	*13*	*5*
Lehmputz (innen, ohne Anstrich)	0.9	1'800	1.5	27.0	5	1
Aussenputz ohne Dämmschicht			1.2	18.9	17	6
Anstrich				*0.3*	*4*	*1*
Deckputz (Kalk-Zement)	*1.0*	*1'550*	*0.2*	*3.1*	*2*	*1*
Grundputz (Zement)	*1.0*	*1'550*	*1.0*	*15.5*	*10*	*4*
Aussenputz auf Kompaktfassade			1.2	17.6	34	9
Anstrich				*0.3*	*4*	*1*
Deckputz (Kalk-Zement)	*1.0*	*1'550*	*0.2*	*3.1*	*2*	*1*
Armierungsgewebe				*0.2*	*6*	*2*
Einbettmörtel mineralisch	*1.0*	*1'400*	*1.0*	*14.0*	*21*	*6*
Keramikplatten			1.5	31.8	117	28
Keramik-/Steinzeugplatte	*1.2*	*2'600*	*0.9*	*23.4*	*87*	*19*
Baukleber/Einbettmörtel mineralisch	*1.0*	*1'400*	*0.6*	*8.4*	*13*	*3*
Armierungsgewebe				*0.2*	*6*	*2*
Grundputz (Zement)	*1.0*	*1'550*	*1.0*	*15.5*	*10*	*4*
Klinkerschale			11.5	221.7	259	89
Sichtbackstein Klinker (80 %)	*1.0*	*2'000*		*184.0*	*206*	*71*
Mörtel (20 %)	*1.0*	*1'550*		*35.7*	*23*	*9*
Maueranker Chromstahl		*7'900*		*2.0*	*29*	*8*
Kalksandsteinschale			11.5	222.0	128	48
Kalksandstein-Verblender (80 %)	*1.1*	*2'000*		*184.0*	*72*	*30*
Anstrich/Imprägnierung				*0.3*	*4*	*1*
Mörtel (20 %)	*1.0*	*1'550*		*35.7*	*23*	*9*
Maueranker Chromstahl		*7'900*		*2.0*	*29*	*8*

Schutzschicht, 1 m² *Fortsetzung*						
Baustoff /-teil	λ-Wert	**Rohdichte**	**Typ. Dicke**	**Gewicht**	**Primärenergie n. erneuerbar**	**Treibhausgas-emissionen**
	W/(m×K)	**kg/m³**	**cm**	**kg/m²**	**kWh oil-eq**	**kg CO_2-eq**
Profilholz-Wandverkleidung hinterlüftet				14.4	34	8
Lasur				*0.3*	*4*	*1*
Holzschalung		*465*	*2.8*	*13.0*	*10*	*2*
Stahlprofile verzinkt				*0.6*	*9*	*3*
Chromstahl (Rogger Dübel, 3.5 Stk./m²)				*0.4*	*6*	*2*
Polyamid glasfaserverstärkt (Rogger Dübel)				*0.1*	*4*	*1*
Betonfertigteil hinterlüftet				202.6	136	52
Betonfertigteil inkl. Bewehrung		*2'500*	*8.0*	*200.0*	*98*	*41*
Fassadenanker Edelstahl				*2.6*	*38*	*11*
Faserzement hinterlüftet				17.9	103	29
Faserzementplatte		*1'960*	*0.8*	*15.7*	*46*	*16*
Unterkonstruktion Aluminiumprofile				*2.2*	*57*	*13*
Naturstein hinterlüftet				79.4	134	28
Hartsandsteinplatte		*2'500*	*3.0*	*75.0*	*21*	*3*
Unterkonstruktion Aluminiumprofile				*4.4*	*114*	*25*
Glas hinterlüftet				29.4	230	55
Einscheibensicherheitsglas (ESG)		*2'500*	*1.0*	*25.0*	*116*	*30*
Unterkonstruktion Aluminiumprofile				*4.4*	*114*	*25*
Metall hinterüftet				10.5	278	63
Aluminium-Kunststoffverbund Fassadenplatte			*0.4*	*7.1*	*192*	*43*
Unterkonstruktion Aluminiumprofile				*3.4*	*86*	*19*
Aluminiumblech blank	160	2'690	0.1	2.7	67	15
Aluminium pulverbeschichtet	160	2'690	0.1	2.7	83	19
Stahlblech blank	50	7'850	0.1	7.9	61	22
Stahlblech verzinkt	50	7'850	0.1	7.9	122	35
Chromstahlblech	15	7'900	0.1	7.9	115	33
Bronze/Messingblech	65	8'300	0.1	9.1	101	25
Photovoltaik-Fassade (Silizium monokristallin, inkl. Unterkonstruktion)					1120	307

Schutzschicht, 1 m² *Fortsetzung*						
Baustoff /-teil	λ-Wert	**Rohdichte**	**Typ. Dicke**	**Gewicht**	**Primärenergie n. erneuerbar**	**Treibhausgas-emissionen**
	W/(m×K)	**kg/m³**	**cm**	**kg/m²**	**kWh oil-eq**	**kg CO_2-eq**
Geneigtes Dach (Deckung und Abdichtung)			var.	51.9	65	21
Ziegel		*1'700*	*var.*	*50.0*	*56*	*19*
Lattung, Konterlattung			*var.*	*1.6*	*1*	*0.3*
Untedeckbahn				*0.14*	*4*	*1*
[Dämmschicht/Sparren – hier nicht eingerechnet]			*[var.]*	*[var.]*	*[var.]*	*[var.]*
Dampfbremse PE-Folie				*0.18*	*4*	*1*
Flachdach: Kaltdach (Belag und Abdichtung)			var.	116.8	133	32
Kies 6 cm		*1'500*	*6.0*	*90.0*	*6*	*1*
Abdichtung Kunststoff (FPO) 2 mm, auf Trennlage		*1'000*	*0.2*	*2.1*	*50*	*11*
Holzschalung		*465*	*2.8*	*13.0*	*10*	*2*
Holz-UK in Belüftungsraum (10 % d. Querschnitts)		*465*	*15.0*	*7.0*	*5*	*1*
[Dämmschicht – hier nicht eingerechnet]			*[var.]*	*[var.]*	*[var.]*	*[var.]*
Dampfbremse bituminös 4 mm, bit. Voranstrich			*0.4*	*4.7*	*61*	*16*
Flachdach: Warmdach (Belag und Abdichtung)			var.	121.9	123	30
Substrat 7 cm, Kies 3 cm, Vlies			*10.0*	*115.1*	*12*	*3*
Abdichtung Kunststoff (FPO) 2 mm, auf Trennlage			*0.2*	*2.1*	*50*	*11*
[Dämmschicht druckfest – hier nicht eingerechnet]			*[var.]*	*[var.]*	*[var.]*	*[var.]*
Dampfbremse bituminös 4 mm, bit. Voranstrich			*0.4*	*4.7*	*61*	*16*
Flachdach: Umkehrdach (Belag und Abdichtung)			var.	122.1	106	28
Substrat 7 cm, Kies 3 cm, 2 × Vlies			*10.0*	*115.3*	*15*	*3*
[Dämmschicht druckfest, feuchteunempfindl. – hier nicht eingerechnet]			*[var.]*	*[var.]*	*[var.]*	*[var.]*
Abdichtung/Dampfbremse bituminös 2 × 3 mm, bit. Voranstrich			*0.6*	*6.9*	*91*	*24*
Kraftpapier		700	0.03	0.2	1	0.3
Magerbeton (unter Bodenplatte)		2'150	5.0	107.5	14	7
Geotextil-Vlies (Polypropylen)				0.2	5	1
Noppenbahn (Polyethylen)				0.4	9	2
Bitumenkleber (für Perimeterdämmung)				3.0	45	3
Kies / Sand		1'600	3.0	48.0	3	1

Glas / Fenster, 1 m²						
Baustoff /-teil	λ-Wert	**Rohdichte**	**Typ. Dicke**	**Gewicht**	**Primärenergie n. erneuerbar**	**Treibhausgas-emissionen**
	W/(m×K)	**kg/m³**	**cm**	**kg/m²**	**kWh oil-eq**	**kg CO_2-eq**
Flachglas unbeschichtet	0.760	2'500	0.8	20.0	82	23
Flachglas beschichtet	0.760	2'500	0.8	20.0	93	24
Isolierverglasung 2-fach, U_g = 1.1 (1 m² Glasfläche)			2.4		167	44
Isolierverglasung 3-fach, U_g = 0.6 (1 m² Glasfläche)			4.0		255	68
Isolierverglasung 3-fach, U_g = 0.5 (1 m² Glasfläche)			3.6		320	78
Isolierverglasung 3-fach, mit ESG/VSG, U_g = 0.6 (1 m² Glasfläche)					465	112
Fensterrahmen Aluminium (1 m² Maueröffnung)					554	133
Fensterrahmen Holz (1 m² Maueröffnung)					172	36
Fensterrahmen Holz-Metall (1 m² Maueröffnung)					300	66
Fensterrahmen Kunststoff/PVC (1 m² Maueröffnung)					328	64
Ausstellstoren, motorisiert					283	68
Lamellenstoren, motorisiert					249	60
Pfosten-Riegel-Fassade Alu/Glas					723	193

Berechnung / Anleitung zur Erweiterung der Tabelle

Spalten Rohdichte [kg/m³] und λ-Wert [Wärmeleitfähigkeit; W/(m×K)] : Werte aus Datenquellen entnehmen.
Spalte Typische Dicke [cm]: Wählen nach Projekterfordernis. Verfügbare Dimensionen gem. Hersteller beachten.
Spalte Gewicht [kg/m²]: Rohdichte × typische Dicke (in Metern).
Spalte Primärenergie n. erneuerbar [kWh oil-eq]: Pro-kg-Wert aus Datenquelle × Gewicht.
Spalte Treibhausgasemissionen [kg CO_2-eq]: Pro-kg-Wert aus Datenquelle × Gewicht.

Datenquellen

Materialkennwerte nach Ökobilanzdaten im Baubereich KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022.
Mehrteilige Schichtaufbauten in Anhlehnung an SIA Merkblatt 2032 Anhang D. λ-Wert nach ubakus.de.
Werte für Multipor gemäss EPD des Herstellers, plus Entsorgung «Dämmstoff mineralisch» gemäss KBOB Ökobilanzdaten.
Werte für Calciumsilikatplatte gemäss EPD des Herstellers Calsitherm (Zugriff 05.05.2022)
Werte für VIP nach oekobaudat.de (Zugriff 08.12.2022)
Werte für Baustroh (Dichte, Wärmeleitfähigkeit): https://baustroh.de/extra/wissenswertes.html (Zugriff 18.06.2021)

Ausstellung «Graue Energie und graue Emissionen – pro m² Baustoff»
ETH Material Hub, Baubibliothek, Lehrstuhl Annette Gigon / Mike Guyer HS 21

Aussenbauteile, überschlägige Ökobilanzen

Die Tabelle zeigt anhand von Beispielen, wie überschlägige Ökobilanzen für unterschiedliche Aussenbauteile erstellt werden können:
Als Summe der Umweltkennwerte für Erstellung/Entsorgung plus Betrieb (hier: Heizwärme), bezogen auf 1 Jahr der Lebensdauer und 1 m² Bauteilfläche.
Die Nutzenergie aus der Heizanlage wird näherungsweise gleichgesetzt mit dem Wärmeverlust durch das Bauteil pro Heizperiode.
Gezeigt werden drei Varianten: Erdgasheizung (orange), Fernwärme (grün) oder Wärmepumpe mit Erdsonden (cyan).
▤ *Schichten aus mehreren Materialien, siehe Tabellen «Ausgewählte Baustoffe» und «Decken, überschlägige Ökobilanzen».*
Hinweis: Unberücksichtigt bleiben Lüftung, solare und interne Wärmegewinne sowie Energieverluste innerhalb des Heizsystems.

Heizungsanlage, Kennwerte für die Berechnung

Typ	*Bezugsgrösse / Endenergieträger*	*Effizienz*	*Primärenergie n. erneuerbar*	*Treihausgasemissionen*
Erdgas kondensierend (Brennwerttechnik)	1 kWh Erdgas (oberer Heizwert) ≙ ca. 0,1 m³	Nutzungsgrad 0.9	1.05 kWh oil-eq	0.230 kg CO2-eq
Fernwärme (Kehrichtverbrennung u.a.)	1 kWh Fernwärme Energieträger-Mix Zürich	1.0	0.48 kWh oil-eq	0.101 kg CO2-eq
Wärmepumpe mit Erdsonden	1 kWh Strom CH-Verbrauchermix	Jahresarbeitszahl* 4.0	2.08 kWh oil-eq	0.125 kg CO2-eq

* Annahme: Jahresarbeitszahl 2.0 bei ungedämmten Wandkonstruktionen.

1 m² Aussenwand, ungedämmt

Konstruktion	**Schichten / Energie**	**Lebens-dauer**	**Nutz-energie**	**Primärenergie n. erneuerbar** kWh oil-eq				**Treihausgasemissionen** kg CO_2-eq			
		Jahre	**kWh/Jahr**	**gesamt**	**pro Jahr**			**gesamt**	**pro Jahr**		
Betonwand ungedämmt, mit Innenputz (U = 3.68 W/m²K)	Aussenanstrich/Imprägn.	30		7	0.2			1	0.0		
	Stahlbeton 20 cm ▤	60		169	2.8			73	1.2		
	Innenputz ▤	30		20	0.7			6	0.2		
	Heizwärme		276		321.7	131.7	286.8		70.5	27.8	17.2
	Summe				**325.2**	**135.1**	**290.3**		**71.9**	**29.3**	**18.7**
Backsteinwand ungedämmt, verputzt (U = 1.15 W/m²K)	Aussenputz ▤	30		17	0.6			6	0.2		
	Backstein Swissmodul 20 cm	60		158	2.6			53	0.9		
	Innenputz ▤	30		20	0.7			6	0.2		
	Heizwärme		87		101.0	41.3	90.0		22.1	8.7	5.4
	Summe				**104.3**	**44.6**	**93.3**		**23.2**	**9.8**	**6.5**

1 m² Aussenwand, gedämmt

Konstruktion	Schichten / Energie	Lebens-dauer	Nutz-energie	Primärenergie n. erneuerbar kWh oil-eq				Treihausgasemissionen kg CO_2-eq			
		Jahre	kWh/Jahr	gesamt	pro Jahr			gesamt	pro Jahr		
Betonwand mit EPS-Dämmung, verputzt (U = 0.17 W/m²K)	Aussenputz ▤	30		34	1.1			9	0.3		
	EPS-Dämmung 20 cm	30		120	4.0			30	1.0		
	Klebemörtel	30		17	0.6			5	0.2		
	Stahlbeton 20 cm ▤	60		169	2.8			73	1.2		
	Innenputz ▤	30		20	0.7			6	0.2		
	Heizwärme		12.5		14.6	6.0	6.5		3.2	1.3	0.4
	Summe				**23.8**	**15.2**	**15.7**		**6.1**	**4.2**	**3.3**
Betonwand mit Steinwolledämmung, verputzt (U = 0.17 W/m²K)	Aussenputz ▤	30		34	1.1			9	0.3		
	Steinwolle 20 cm	30		83	2.8			22	0.7		
	Klebemörtel	30		17	0.6			5	0.2		
	Stahlbeton 20 cm ▤	60		169	2.8			73	1.2		
	Innenputz ▤	30		20	0.7			6	0.2		
	Heizwärme		12.5		14.6	6.0	6.5		3.2	1.3	0.4
	Summe				**22.5**	**13.9**	**14.4**		**5.8**	**3.9**	**3.0**
Backsteinwand mit Steinwolledämmung, verputzt (U = 0.17 W/m²K)	Aussenputz ▤	30		34	1.1			9	0.3		
	Steinwolle 18 cm	30		75	2.5			20	0.7		
	Klebemörtel	30		17	0.6			5	0.2		
	Backstein Swissmodul 20 cm	60		158	2.6			53	0.9		
	Innenputz ▤	30		20	0.7			6	0.2		
	Heizwärme		12.5		14.5	6.0	6.5		3.2	1.3	0.4
	Summe				**22.0**	**13.4**	**14.0**		**5.4**	**3.5**	**2.6**
Kalksandsteinwand mit Mineraldämmplatte, verputzt (U = 0.16 W/m²K)	Aussenputz ▤	30		34	1.1			9	0.3		
	Mineraldämmplatte 26 cm	60		89	1.5			26	0.4		
	Klebemörtel	60		17	0.3			5	0.1		
	Kalksandstein 20 cm	60		109	1.8			45	0.8		
	Innenputz ▤	30		20	0.7			6	0.2		
	Heizwärme		12.0		14.0	5.7	6.2		3.1	1.2	0.4
	Summe				**19.3**	**11.1**	**11.6**		**4.8**	**3.0**	**2.1**

1 m² Aussenwand, gedämmt *Fortsetzung*

Konstruktion	Schichten / Energie	Lebens-dauer	Nutz-energie	Primärenergie n. erneuerbar kWh oil-eq			Treihausgasemissionen kg CO_2-eq		
		Jahre	kWh/Jahr	gesamt	pro Jahr		gesamt	pro Jahr	
Porenbetonwand monolithisch, verputzt (U = 0.18 W/m²K)	Aussenputz ▤	30		17	0.6		6	0.2	
	Porenbeton 36.5 cm	60		94	1.6		47	0.8	
	Innenputz ▤	30		20	0.7		6	0.2	
	Heizwärme		13.9		16.2	6.6 7.2		3.5	1.4 0.4
	Summe				**18.9**	**9.4 10.0**		**4.7**	**2.6 1.6**
Dämmbacksteinwand monolithisch, verputzt (U = 0.18 W/m²K)	Aussenputz ▤	30		17	0.6		6	0.2	
	Dämmbackstein 36.5 cm	60		192	3.2		59	1.0	
	Innenputz ▤	30		20	0.7		6	0.2	
	Heizwärme		13.9		16.2	6.6 7.2		3.5	1.4 0.4
	Summe				**20.6**	**11.0 11.6**		**4.9**	**2.8 1.8**
Natursteinwand, Mineraldämmplatte innen (U = 0.24 W/m²K)	Kalkstein massiv, 30 cm	60		254	4.2		55	0.9	
	Klebemörtel	60		17	0.3		5	0.1	
	Mineraldämmplatte 16 cm	60		22	0.4		7	0.1	
	Innenputz ▤	30		20	0.7		6	0.2	
	Heizwärme		17.9		20.8	8.5 9.3		4.6	1.8 0.6
	Summe				**26.4**	**14.1 14.8**		**5.9**	**3.1 1.9**
Betonwand mit Steinwolledämmung, Natursteinfassade (U = 0.16 W/m²K)	Naturstein hinterlüftet ▤	60		134	2.2		28	0.5	
	Steinwolle 20 cm	60		45	0.7		12	0.2	
	Stahlbeton 20 cm ▤	60		169	2.8		73	1.2	
	Innenputz ▤	30		20	0.7		6	0.2	
	Heizwärme		12.3		14.4	5.9 6.4		3.2	1.2 0.4
	Summe				**20.9**	**12.4 12.9**		**5.3**	**3.3 2.5**
Backsteinwand mit Glaswolledämmung, Klinkerschale (U = 0.17 W/m²K)	Klinkerschale ▤	60		259	4.3		89	1.5	
	Glaswolle 18 cm	60		29	0.5		6	0.1	
	Backstein Swissmodul 20 cm	60		158	2.6		53	0.9	
	Innenputz ▤	30		20	0.7		6	0.2	
	Heizwärme		12.5		14.6	6.0 6.5		3.2	1.3 0.4
	Summe				**22.7**	**14.1 14.6**		**5.9**	**3.9 3.1**

1 m² Aussenwand, gedämmt *Fortsetzung*										
Konstruktion	**Schichten / Energie**	**Lebens-dauer**	**Nutz-energie**	**Primärenergie n. erneuerbar**				**Treihausgasemissionen**			
				kWh oil-eq				**kg CO_2-eq**			
		Jahre	**kWh/Jahr**	**gesamt**	**pro Jahr**			**gesamt**	**pro Jahr**		
Massivholzwand mit Installationsebene (U = 0.25 W/m²K)	Aussenanstrich/Imprägn.	30		7	0.2			1	0.0		
	Massivholz unverleimt 35 cm	60		127	2.1			28	0.5		
	Installationsebene 6 cm ▤	30		47	1.6			10	0.3		
	Heizwärme		19		21.6	8.8	9.6		4.7	1.9	0.6
	Summe				**25.5**	**12.7**	**13.5**		**5.6**	**2.7**	**1.4**
Massivholzwand mit Holzfaserdämmung, Faserzementfassade (U = 0.17 W/m²K)	Faserzement hinterlüftet ▤	40		34	0.9			9	0.2		
	Holzfaserdämmung 10 cm	40		39	1.0			8	0.2		
	Massivholz (BSH) 20 cm	60		135	2.3			30	0.5		
	Installationsebene 6 cm ▤	30		47	1.6			10	0.3		
	Heizwärme		13.0		15.2	6.2	6.8		3.3	1.3	0.4
	Summe				**20.9**	**11.9**	**12.4**		**4.6**	**2.6**	**1.7**
Holzständerwand mit Zellulosedämmung, Holzfassade (U = 0.16 W/m²K)	Profilholz-Wandverkleidung ▤	40		34	0.8			8	0.2		
	Holzfaserdämmplatte 4 cm	60		19	0.3			4	0.1		
	Massivholz (BSH) 16 cm × 10%	60		11	0.2			2	0.0		
	Zellulose 16 cm × 90%	60		8	0.1			2	0.0		
	OSB-Beplankung 2.5 cm	60		41	0.7			9	0.1		
	Installationsebene 6 cm ▤	30		47	1.6			10	0.3		
	Heizwärme		12.3		14.3	5.8	6.4		3.1	1.2	0.4
	Summe				**18.0**	**9.6**	**10.1**		**4.0**	**2.1**	**1.2**
Holzständerwand mit Zellulosedämmung, PV-Fassade Silizium monokristallin, Südseite (U = 0.16 W/m²K)	Photovoltaikmodule, Fassade	30		1'120	37.3			307	10.2		
	Holzfaserdämmplatte 4 cm	60		19	0.3			4	0.1		
	Massivholz (BSH) 16 cm × 10%	60		11	0.2			2	0.0		
	Zellulose 16 cm × 90%	60		8	0.1			2	0.0		
	OSB-Beplankung 2.5 cm	60		41	0.7			9	0.1		
	Installationsebene 6 cm ▤	30		47	1.6			10	0.3		
	Heizwärme		12.3		14.3	5.8	6.4		3.1	1.2	0.4
	Summe				**54.5**	**46.1**	**46.6**		**14.0**	**12.1**	**11.2**
	Ertrag Solarstrom		**154**								

1 m² Fenster										
Konstruktion	**Schichten / Energie**	**Lebens-dauer**	**Nutz-energie**	**Primärenergie n. erneuerbar**				**Treihausgasemissionen**		
				kWh oil-eq				**kg CO_2-eq**		
		Jahre	**kWh/Jahr**	**gesamt**	**pro Jahr**			**gesamt**	**pro Jahr**	
Holzfenster einfach verglast ohne Sonnenschutz (U_w = 4.8)	Flachglas 1-fach, U_g-Wert 5.8	30		82	2.7			23	0.8	
	Holzrahmen (Anteil 22 %)	30		172	5.7			36	1.2	
	Heizwärme		360		420.0	171.9	374.4		92.0	36.3	22.5
	Summe				**428.5**	**180.3**	**382.9**		**94.0**	**38.3**	**24.5**
Holzfenster mit Wärmeschutzverglasung ×2 ohne Sonnenschutz (U_w = 1.3)	Glas 2-fach IV, U_g-Wert 1.1	30		167	5.6			44	1.5	
	Holzrahmen (Anteil 22 %)	30		172	5.7			36	1.2	
	Heizwärme		98		113.8	46.5	50.7		24.9	9.8	3.0
	Summe				**125.1**	**57.8**	**62.0**		**27.6**	**12.5**	**5.7**
Holzfenster mit Wärmeschutzverglasung ×3 ohne Sonnenschutz (U_w = 0.91)	Glas 3-fach IV, U_g-Wert 0.6	30		255	8.5			68	2.3	
	Holzrahmen (Anteil 22 %)	30		172	5.7			36	1.2	
	Heizwärme		68		79.6	32.6	35.5		17.4	6.9	2.1
	Summe				**93.9**	**46.8**	**49.7**		**20.9**	**10.4**	**5.6**
Holz-Metallfenster mit Wärmeschutzverglasung ×3 und Ausstellstoren (U_w = 0.91)	Glas 3-fach IV, U_g-Wert 0.6	30		255	8.5			68	2.3	
	Holz-Metallrahmen (Anteil 22 %)	30		300	10.0			66	2.2	
	Ausstellstoren, motorisiert	30		283	9.4			68	2.3	
	Heizwärme		68		79.6	32.6	35.5		17.4	6.9	2.1
	Summe				**107.6**	**60.5**	**63.4**		**24.2**	**13.6**	**8.9**
Kunststofffenster mit Wärmeschutzverglasung ×3 und Ausstellstoren (U_w = 0.94)	Glas 3-fach IV, U_g-Wert 0.6	30		255	8.5			68	2.3	
	PVC-Rahmen (Anteil 22 %)	30		328	10.9			64	2.1	
	Ausstellstoren, motorisiert	30		283	9.4			68	2.3	
	Heizwärme		71		82.3	33.7	36.7		18.0	7.1	2.2
	Summe				**111.1**	**62.5**	**65.5**		**24.7**	**13.8**	**8.8**
Aluminiumfenster mit Wärmeschutzverglasung ×3 und Lamellenstoren (U_w = 1.0)	Glas 3-fach IV, U_g-Wert 0.6	30		255	8.5			68	2.3	
	Aluminiumrahmen (Anteil 22 %)	30		554	18.5			133	4.4	
	Lamellenstoren, motorisiert	30		249	8.3			60	2.0	
	Heizwärme		75		87.5	35.8	39.0		19.2	7.6	2.3
	Summe				**122.8**	**71.1**	**74.3**		**27.9**	**16.3**	**11.0**

U_w-Werte berechnet mit Hilfe von https://www.ubakus.de/berechnung/fenster/ (Zugriff 09.01.2023). Fenstergrösse 1.23 x 1.48 m, mit «warmer Kante»

1 m² Dachkonstruktion

Konstruktion	Schichten / Energie	Lebens-dauer	Nutz-energie	Primärenergie n. erneuerbar kWh oil-eq				Treihausgasemissionen kg CO_2-eq			
		Jahre	kWh/Jahr	gesamt	pro Jahr			gesamt	pro Jahr		
Geneigtes Ziegeldach mit Holzdachstuhl und Holzfaserdämmung (U = 0.17 W/m²K)	Deckung und Abdichtung ▤	40		65	1.6			21	0.5		
	Holzfaserdämmplatte 4 cm	40		19	0.5			4	0.1		
	Holzfaserdämmung 20 cm × 90%	40		71	1.8			15	0.4		
	Massivholz (BSH) 20 cm × 10%	60		14	0.2			3	0.0		
	Installationsebene 6 cm ▤	30		47	1.6			10	0.3		
	Heizwärme		12.8		14.9	6.1	6.6		3.3	1.3	0.4
	Summe				**20.6**	**11.8**	**12.3**		**4.7**	**2.7**	**1.8**
Flachdach (Kaltdach) auf Massivholzdecke und Holzfaserdämmung (U = 0.16 W/m²K)	Deckung und Abdichtung ▤	40		133	3.3			32	0.8		
	Holzfaserdämmung 20 cm × 90%	40		71	1.8			15	0.4		
	Massivholz (BSH) 20 cm × 10%	40		14	0.3			3	0.1		
	Brettschichtholz 22 cm ▤	60		169	2.8			38	0.6		
	Anstrich Untersicht	30		7	0.2			1	0.0		
	Heizwärme		12.3		14.4	5.9	6.4		3.1	1.2	0.4
	Summe				**22.8**	**14.4**	**14.9**		**5.1**	**3.2**	**2.3**
Flachdach (Warmdach) auf Betondecke mit Steinwolledämmung (U = 0.17 W/m²K)	Belag und Abdichtung ▤	30		123	4.1			30	1.0		
	Steinwolle 20 cm	30		134	4.5			36	1.2		
	Stahlbetondecke 22 cm ▤	60		240	4.0			98	1.6		
	Anstrich Untersicht	30		7	0.2			1	0.0		
	Heizwärme		12.8		14.9	6.1	6.6		3.3	1.3	0.4
	Summe				**27.6**	**18.9**	**19.4**		**7.1**	**5.1**	**4.2**
Flachdach (Umkehrdach) auf Betondecke mit XPS-Dämmung (U = 0.17 W/m²K)	Belag und Abdichtung ▤	30		106	3.5			28	0.9		
	XPS Polystyrol extrudiert 20 cm	30		194	6.5			95	3.2		
	Stahlbetondecke 22 cm ▤	60		240	4.0			98	1.6		
	Anstrich Untersicht	30		7	0.2			1	0.0		
	Heizwärme		12.8		14.9	6.1	6.6		3.3	1.3	0.4
	Summe				**29.1**	**20.3**	**20.8**		**9.0**	**7.0**	**6.1**
PV-Anlage auf Flachdach Silizium monokristallin	Photovoltaikmodule, Flachdach	30		1'030	34.3			287	9.6		
	Ertrag Solarstrom		**186**								

1 m² Aussenbauteil unterirdisch

Konstruktion	Schichten / Energie	Lebens-dauer	Nutz-energie	Primärenergie n. erneuerbar kWh oil-eq				Treihausgasemissionen kg CO_2-eq			
		Jahre	kWh/Jahr	gesamt	pro Jahr			gesamt	pro Jahr		
Kelleraussenwand mit XPS-Dämmung ohne Aushub/Hinterfüllung (U = 0.17 W/m²K)	Geotextil-Vlies	60		5	0.1			1	0.0		
	Noppenbahn	60		9	0.2			2	0.0		
	XPS Polystyrol extrudiert 20 cm	60		194	3.2			95	1.6		
	Bitumenkleber	60		45	0.8			3	0.1		
	Stahlbeton 25 cm ▤	60		212	3.5			92	1.5		
	Anstrich	30		7	0.2			1	0.0		
	Heizwärme		6.4		7.4	3.0	3.3		1.6	0.6	0.2
	Summe				**15.4**	**11.0**	**11.3**		**4.9**	**3.9**	**3.4**
Bodenplatte auf Schaumglasdämmung ohne Aushub/Hinterfüllung (U = 0.17 W/m²K)	Bodenversiegelung PU 2 mm	30		62	2.1			14	0.5		
	Unterlagsboden Zement 8 cm	30		34	1.1			18	0.6		
	Trittschalldämmung 3 cm	30		20	0.7			5	0.2		
	Abdichtung bituminös ▤	30		91	3.0			24	0.8		
	Stahlbeton 30 cm ▤	60		327	5.4			133	2.2		
	Trennlage	60		5	0.1			1	0.0		
	Schaumglas 20 cm	60		119	2.0			27	0.5		
	Kies Ausgleichsschicht 3 cm	60		3	0.1			1	0.0		
	Magerbeton 5 cm	60		14	0.2			7	0.1		
	Heizwärme		3.8		4.5	1.8	2.0		1.0	0.4	0.1
	Summe				**19.2**	**16.5**	**16.7**		**5.8**	**5.2**	**5.0**

Berechnung / Datenquellen / Anleitung zur Erweiterung der Tabelle

Umweltkennwerte Erstellung: Gesamtwerte der Bauteilschichten (siehe Tabelle «Ökobilanzdaten ausgewählter Baustoffe») ÷ Lebensdauer

Lebensdauer: Annahmen in Anlehnung an Bauteiltabellen zu SIA 2032 Anhang D

Umweltkennwerte Heizwärme: Nutzenergie ÷ Effizienz der Heizanlage × Umweltkennwerte der Endenergieträger

Nutzenergie ≈ Wärmeverlust = Heizgradtage × U-Wert × 24 h/d ÷ 1000

Heizgradtage

Zürich Fluntern ⌀ 2011–2020: 3'125 (K×d)/a Annahme: Wand zu Erdreich Faktor 0.5, Bodenplatte Faktor 0.3

(Heizgrenztemperatur 12 °C. https://www.stadt-zuerich.ch/gud/de/index/umwelt_energie/energie-in-zahlen/heizgradtage.html; Zugriff 2021-12-23)

Aussenwände, überschlägige Ökobilanzen

Neubau

Die Tabelle zeigt für verschiedene Aussenwandkonstruktionen überschlägig die Summe des nicht erneuerbaren Primärenergieverbrauchs bzw. der Treibhausgasemissionen aus Erstellung/Entsorgung (graue Energie, graue Emissionen) plus Heizbetrieb mit verschiedenen Anlagentypen, bezogen auf 1 Jahr Nutzungsdauer und 1 m² Bauteilfläche.

Schichten / Komponenten			³⁰ ⁴⁰ ⁶⁰ = Nutzungsdauer (a)	Primärenergie nicht erneuerbar			Treibhausgasemissionen		
Tragschicht	Verkleidung / Befestigung	Dämmschicht	cm	Heizbetrieb mit Erdgas	Heizbetrieb mit Fernwärme	Heizbetrieb mit Wärmepumpe	Heizbetrieb mit Erdgas	Heizbetrieb mit Fernwärme	Heizbetrieb mit Wärmepumpe
		' " "" – s. unten		Eff. 0.9 | 1.05 kWh oil-eq/kWh	Eff. 1.0 | 0.48 kWh oil-eq/kWh	JAZ 4.0 | 2.08 kWh oil-eq/kWh	Eff. 0.9 | 0.23 kg CO_2-eq/kWh	Eff. 1.0 | 0.10 kg CO_2-eq/kWh	JAZ 4.0 | 0.13 kg CO_2-eq/kWh
				kWh oil-eq/(m²×a)			kg CO_2-eq/(m²×a)		
Stahlbeton ⁶⁰ 20 cm λ = 2.20	**Anstrich** ³⁰ Innenputz ³⁰	**[ungedämmt]**		325.4	135.4	290.5	71.9	29.3	18.7
	Anstrich ³⁰ Klebemörtel ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Mineraldämmpla.** innen λ = 0.042	10 12 ' 16	37.3 32.4 26.1	17.9 16.0 13.5	19.1 17.0 14.3	8.9 7.8 6.4	4.5 4.1 3.6	2.6 2.4 2.3
	Aussenputz ³⁰ Klebemörtel ³⁰ ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Mineraldämmpla.** kompakt λ = 0.045	10 ' 18 " 26 "" 28	40.2 26.3 20.8 19.9	19.7 14.3 12.3 12.0	21.0 15.0 12.8 12.5	9.6 6.6 5.4 5.2	5.0 3.9 3.5 3.4	2.9 2.7 2.6 2.6
		Expand. Polystyrol kompakt λ = 0.035	8 ' 14 " 20 "" 22 """ 28 """" 34	40.7 28.4 23.8 22.9 21.3 20.7	20.7 16.3 15.2 15.0 15.1 15.6	21.9 17.1 15.7 15.5 15.5 15.9	9.7 7.1 6.1 5.9 5.6 5.5	5.2 4.3 4.2 4.1 4.2 4.4	3.2 3.1 3.3 3.3 3.6 3.8
		Steinwolle ³⁰ kompakt λ = 0.035	8 ' 14 " 20 "" 22 """ 28 """" 34	40.2 27.5 22.5 21.5 19.6 18.6	20.2 15.5 13.9 13.7 13.4 13.5	21.4 16.2 14.4 14.2 13.8 13.8	9.6 6.9 5.8 5.6 5.2 5.0	5.1 4.2 3.9 3.8 3.8 3.9	3.1 2.9 3.0 3.0 3.2 3.4
		Holzfaser ³⁰ kompakt λ = 0.035	10 ' 16 " 24	39.5 29.1 23.6	20.2 16.5 15.0	21.4 17.3 15.5	9.4 7.1 5.9	5.0 4.3 4.0	3.1 3.0 3.1
	Faserzement ⁴⁰ 0.8 cm Unterkonstrukt. ⁴⁰ Innenputz ³⁰	**Steinwolle** ⁴⁰ hinterlüftet λ = 0.035	8 ' 14 " 20 "" 22 """ 28 """" 34	39.5 26.9 21.6 20.4 18.1 16.6	20.0 15.0 13.1 12.7 11.9 11.5	21.2 15.8 13.6 13.1 12.3 11.8	9.5 6.8 5.6 5.4 4.9 4.6	5.1 4.1 3.7 3.6 3.5 3.4	3.2 2.9 2.8 2.8 2.8 2.9
	Glas (ESG) ⁶⁰ 1 cm Unterkonstr. ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Steinwolle** ⁶⁰ hinterlüftet λ = 0.035	8 ' 14 " 20 "" 22 """ 28 """" 34	40.7 27.9 22.5 21.3 18.8 17.3	21.1 16.0 13.9 13.5 12.6 12.1	22.3 16.8 14.5 14.0 13.0 12.4	9.7 6.9 5.7 5.4 4.9 4.6	5.3 4.2 3.8 3.7 3.5 3.4	3.3 3.0 2.9 2.9 2.9 2.9
	2. Betonschale 15 cm mit Bewehrung Innenputz ³⁰	**PUR/PIR** ⁶⁰ Kerndämmung λ = 0.026	6 ' 10 " 14 "" 16 """ 20 """" 24	39.8 28.2 23.2 21.7 19.7 18.6	20.3 15.9 14.2 13.7 13.3 13.2	21.5 16.6 14.7 14.2 13.7 13.5	9.8 7.3 6.2 5.9 5.5 5.3	5.5 4.6 4.2 4.1 4.1 4.1	3.5 3.3 3.3 3.3 3.4 3.5
Backstein ⁶⁰ 20 cm λ = 0.30	**Aussenputz** ³⁰ Innenputz ³⁰	**[ungedämmt]**		104.8	45.2	93.8	23.4	10.0	6.7
	Aussenputz ³⁰ Klebemörtel ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Mineraldämmpla.** innen λ = 0.042	8 ' 14 " 16	36.0 25.6 23.5	17.4 13.3 12.5	18.5 14.0 13.2	8.4 6.1 5.7	4.2 3.3 3.2	2.3 2.1 2.1
	Aussenputz ³⁰ Klebemörtel ³⁰ ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Mineraldämmpla.** kompakt λ = 0.045	8 ' 14 " 22 "" 26	38.4 27.7 21.4 19.6	19.0 14.8 12.5 11.9	20.2 15.6 13.0 12.3	8.9 6.6 5.2 4.9	4.5 3.7 3.2 3.1	2.6 2.4 2.3 2.3
		Expand. Polystyrol kompakt λ = 0.035	6 ' 12 " 18 "" 22 """ 26 """" 32	40.0 27.7 23.1 21.6 20.7 20.1	20.0 15.7 14.5 14.4 14.5 15.0	21.3 16.5 15.1 14.8 14.9 15.3	9.3 6.6 5.6 5.3 5.2 5.1	4.8 3.9 3.7 3.7 3.8 3.9	2.8 2.7 2.8 3.0 3.1 3.4
		Steinwolle ³⁰ kompakt λ = 0.035	6 ' 12 " 18 "" 22 """ 26 """" 32	39.6 27.0 22.0 20.3 19.1 18.2	19.7 15.0 13.4 13.0 12.9 13.0	20.9 15.7 14.0 13.5 13.3 13.3	9.2 6.4 5.4 5.0 4.8 4.6	4.7 3.7 3.5 3.4 3.4 3.5	2.7 2.5 2.6 2.7 2.8 3.0
		Dämmbackstein ⁶⁰ kompakt λ = 0.055-0.070	12 ' 18 " 37	36.3 27.2 22.6	18.4 14.7 14.1	19.5 15.5 14.6	8.5 6.5 5.7	4.5 3.7 3.8	2.6 2.5 2.9
	Naturstein ⁶⁰ 3 cm Unterkonstr. ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Steinwolle** ⁶⁰ hinterlüftet λ = 0.035	6 ' 12 " 18 "" 22 """ 26 """" 32	38.7 26.0 20.6 18.4 16.9 15.4	19.2 14.2 12.1 11.3 10.8 10.3	20.4 14.9 12.6 11.7 11.1 10.6	8.8 6.1 4.9 4.4 4.1 3.8	4.5 3.4 3.0 2.8 2.7 2.6	2.5 2.2 2.1 2.1 2.1 2.1
	Metallpaneele ⁶⁰ 0.4 cm (Verbund) Unterkonstr. ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Steinwolle** ⁶⁰ hinterlüftet λ = 0.035	6 ' 12 " 18 "" 22 """ 26 """" 32	41.1 28.4 23.0 20.8 19.3 17.8	21.6 16.6 14.5 13.7 13.2 12.7	22.8 17.3 15.0 14.1 13.5 13.0	9.4 6.6 5.5 5.0 4.7 4.4	5.0 4.0 3.6 3.4 3.3 3.2	3.1 2.8 2.7 2.7 2.7 2.7
	Klinkerschale ⁶⁰ 11.5 cm Maueranker ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Glaswolle** ⁶⁰ Kerndämmung λ = 0.035	6 ' 12 " 18 """ 20	41.9 28.4 22.7 21.5	21.7 16.3 14.1 13.6	23.0 17.0 14.6 14.1	10.1 7.1 5.9 5.6	5.6 4.4 3.9 3.8	3.5 3.2 3.1 3.0
Kalksandstein ⁶⁰ 20 cm λ = 0.70	**Anstrich** ³⁰ Klebemörtel ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Mineraldämmpla.** innen λ = 0.042	10 12 ' 16	33.9 29.7 24.1	15.9 14.2 12.0	17.0 15.2 12.8	7.9 7.0 5.7	3.8 3.5 3.0	2.0 1.9 1.8
	Aussenputz ³⁰ Klebemörtel ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Mineraldämmpla.** kompakt λ = 0.045	10 ' 16 " 26 """ 28	36.7 26.4 19.3 18.5	17.7 13.7 11.1 10.8	18.8 14.4 11.6 11.3	8.6 6.3 4.8 4.7	4.3 3.5 3.0 2.9	2.4 2.2 2.1 2.2
	Holzfassade ⁴⁰ 2.8 cm Unterkonstrukt. ⁴⁰ Innenputz ³⁰	**Steinwolle** ⁴⁰ hinterlüftet λ = 0.035	8 ' 12 " 20 "" 22 """ 28 """" 32	34.5 25.9 18.4 17.3 15.1 14.1	16.3 13.0 10.1 9.8 9.1 8.8	17.5 13.8 10.6 10.2 9.4 9.1	8.0 6.2 4.5 4.3 3.8 3.6	3.9 3.2 2.7 2.6 2.5 2.4	2.1 1.9 1.8 1.8 1.9 1.9
	KS-Verblender ⁶⁰ 11.5 cm Maueranker ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Glaswolle** ⁶⁰ Kerndämmung λ = 0.035	6 ' 12 " 18 "" 24	39.8 25.7 19.9 16.7	19.1 13.4 11.2 10.0	20.4 14.2 11.7 10.4	9.5 6.4 5.1 4.4	4.8 3.6 3.1 2.9	2.7 2.4 2.3 2.2
Dämmbackstein monolithisch λ = 0.07	**Aussenputz** ³⁰ Innenputz ³⁰	**[= Tragschicht]**	' 37 " 43 """ 49	20.6 18.9 17.7	11.0 10.6 10.5	11.6 11.2 10.9	4.9 4.6 4.4	2.8 2.7 2.8	1.8 1.9 2.0
Dämmbackstein 36.5 cm λ = 0.07	**Aussenputz** ³⁰ Klebemörtel ³⁰ Innenputz ³⁰	**Steinwolle** ³⁰ kompakt λ = 0.035	" 2 """ 6 """" 10 """"" 16	20.4 18.6 17.5 16.5	11.8 11.4 11.3 11.4	12.3 11.9 11.7 11.7	4.9 4.5 4.3 4.2	3.0 2.9 2.9 3.0	2.1 2.2 2.3 2.5
	Klinkerschale ⁶⁰ 11.5 cm Maueranker ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Glaswolle** ⁶⁰ Kerndämmung λ = 0.035	" 2 """ 4 """" 10 """"" 16	22.6 21.5 18.9 17.3	14.1 13.7 12.7 12.2	14.6 14.2 13.1 12.5	5.8 5.6 5.0 4.7	3.9 3.8 3.6 3.5	3.1 3.0 3.0 3.0
Porenbeton ⁶⁰ monolithisch λ = 0.07	**Aussenputz** ³⁰ Innenputz ³⁰	**[= Tragschicht]**	' 37 " 43 """ 48	18.9 17.0 15.7	9.4 8.7 8.3	10.0 9.3 8.8	4.7 4.4 4.1	2.6 2.5 2.5	1.6 1.7 1.7
Porenbeton ⁶⁰ 36.5 cm λ = 0.07	**Aussenputz** ³⁰ Klebemörtel ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Mineraldämmpla.** kompakt λ = 0.045	" 2 """ 6 """" 12 """"" 20	18.9 17.2 15.4 13.9	10.1 9.6 9.0 8.7	10.7 10.0 9.4 9.0	4.7 4.4 4.0 3.7	2.8 2.7 2.6 2.5	1.9 1.9 1.9 2.0
	KS-Verblender ⁶⁰ 11.5 cm Maueranker ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Glaswolle** ⁶⁰ Kerndämmung λ = 0.035	" 2 """ 4 """" 10 """"" 16	18.8 17.7 15.1 13.5	10.3 9.9 8.9 8.4	10.9 10.4 9.3 8.7	5.0 4.7 4.1 3.8	3.0 2.9 2.7 2.6	2.2 2.2 2.1 2.1
Massivholz ⁶⁰ unverleimt λ = 0.13	**Anstrich** ³⁰ Installationsebene 6 cm, gedämmt ³⁰	**[= Tragschicht]**	20 ' 35 " 55	38.2 25.6 20.2	17.4 12.8 11.3	18.7 13.6 11.9	8.3 5.6 4.4	3.7 2.7 2.4	1.6 1.4 1.5
Brettschichtholz 20 cm λ = 0.13	**Aussenputz** ³⁰ Installationsebene 6 cm, gedämmt ³⁰	**Holzfaser** ³⁰ kompakt λ = 0.042	' 4 " 12 """ 14 """" 22	26.9 21.5 20.7 19.0	14.4 12.9 12.8 12.8	15.1 13.4 13.3 13.2	5.9 4.7 4.5 4.1	3.1 2.8 2.7 2.7	1.8 1.9 1.9 2.1
	Holzfassade ⁴⁰ 2.8 cm Unterkonstrukt. ⁴⁰ Installationsebene 6 cm, gedämmt ³⁰	**Holzfaser** ⁴⁰ hinterlüftet λ = 0.040	' 3 " 10 """ 14 """" 20 """"" 26	26.9 20.9 19.1 17.3 16.3	14.0 11.9 11.4 11.0 11.0	14.8 12.5 11.9 11.4 11.3	5.9 4.6 4.2 3.8 3.6	3.0 2.6 2.5 2.4 2.4	1.7 1.7 1.7 1.8 1.8
Holzständer ⁶⁰ Anteil 10% + Beplankung	**Holzfassade** ⁴⁰ 2.8 cm Unterkonstrukt. ⁴⁰ Installationsebene 6 cm, gedämmt ³⁰	**Hanf-Kalkziegel** ⁶⁰ Anteil 90% λ = 0.070 + 4 cm Holzfaser ⁶⁰	' 10 " 22 """ 28 """" 40 """"" 52	25.4 20.8 19.6 18.2 17.6	13.0 11.9 11.7 11.8 12.2	13.8 12.4 12.2 12.2 12.6	5.6 4.5 4.2 3.9 3.7	2.8 2.5 2.5 2.5 2.6	1.5 1.6 1.7 1.8 2.0
		Zellulose ⁶⁰ Anteil 90% λ = 0.040 + 4 cm Holzfaser ⁶⁰	' 6 " 16 """ 18 """" 26 """"" 34	25.0 18.1 17.2 14.7 13.1	12.4 9.6 9.3 8.4 7.8	13.2 10.2 9.8 8.8 8.1	5.5 4.0 3.8 3.2 2.9	2.7 2.1 2.0 1.8 1.7	1.4 1.2 1.2 1.2 1.2
		Stroh ⁶⁰ Anteil 90% λ = 0.049 + 4 cm Holzfaser ⁶⁰	' 8 " 18 """ 22 """" 30 """"" 40	24.2 18.3 16.9 14.7 13.0	12.0 9.7 9.2 8.4 7.7	12.8 10.3 9.6 8.8 8.1	5.3 4.0 3.7 3.3 2.9	2.6 2.1 2.0 1.8 1.7	1.4 1.2 1.2 1.2 1.2

U < 0.4 W/(m²K), Mindestanforderung SIA 180 (wird hier stets eingehalten ausser bei ungedämmt)
' U ≤ 0.25 W/(m²K), Grenzwert SIA 380/1 Umbau
" U ≤ 0.17 W/(m²K), Grenzwert SIA 380/1 Neubau
''' U ≤ 0.15 W/(m²K), analog Anforderung Minergie-P Umbau
'''' U ≤ 0.12 W/(m²K), analog Anforderung Minergie-P Neubau
''''' U ≤ 0.10 W/(m²K), Zielwert SIA 380/1

Umweltkennwerte nach Ökobilanzdaten im Baubereich KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022. λ-Werte nach ubakus.de. Erhöhung der U-Werte durch punktförmige Wärmebrücken (Dübel, Anker etc.) nicht berücksichtigt.
Amortisationsdauer und Wandverkleidungen in Anlehnung an SIA Merkblatt 2032 Anhang D (Amortisation wird hier für einige Materialien höher eingeschätzt, siehe Indizes ³⁰ ⁴⁰ ⁶⁰).
Daten Mineraldämmplatte (Multipor) gem. Hersteller-EPD, plus Entsorgung «Dämmstoff mineralisch» gem. KBOB Ökobilanzdaten. Daten Baustroh (Dichte, λ-Wert): https://baustroh.de/extra/wissenswertes.html (Zugriff 18.06.2021)
Die Werte für den Heizbetrieb berechnen sich näherungsweise aus den Wärmeverlusten pro Heizperiode (Heizenergie kWh/a: Heizgradtage Standort Zürich Kloten × U-Wert gemäss Dämmstandard × 24 h/d ÷ 1000)
sowie der Effizienz der unterschiedlichen Anlagentypen und den Umweltkennwerten der Heizenergieträger. Bei ungedämmten Konstruktionen Wärmepumpe mit Jahresarbeitszahl (JAZ) 2.0.
Fernwärme Zürich, 30 % fossile Energieträger: https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/entsorgung_recycling/wissen/waermeproduktion/fakten-fw.html (Zugriff 23.10.2022). Wärmepumpe betrieben mit Netzstrom CH-Mix, 125 g CO_2-eq/kWh.
Unberücksichtigt bleiben Lage, Kubatur, Lüftung, solare und interne Wärmegewinne sowie Energieverluste innerhalb des Heizsystems.

Aussenwände, überschlägige Ökobilanzen

Die Tabelle zeigt für verschiedene Aussenwandkonstruktionen überschlägig die Summe des nicht erneuerbaren Primärenergieverbrauchs bzw. der Treibhausgasemissionen aus Erstellung/Entsorgung (graue Energie, graue Emissionen) plus Heizbetrieb mit verschiedenen Anlagentypen, bezogen auf 1 Jahr Nutzungsdauer und 1 m² Bauteilfläche.

Umbau

Rote Schrift: neue Bauteilschichten

Schichten / Komponenten		³⁰ ⁴⁰ ⁶⁰ = Nutzungsdauer (a)	Primärenergie nicht erneuerbar			Treibhausgasemissionen		
			kWh oil-eq/(m²×a)			kg CO_2-eq/(m²×a)		
Tragschicht (Bestand)	**Verkleidung / Befestigung**	**Dämmschicht** cm ' " "" – s. unten	Heizbetrieb mit Erdgas Eff. 0.9 | 1.05 kWh oil-eq/kWh	Heizbetrieb mit Fernwärme Eff. 1.0 | 0.48 kWh oil-eq/kWh	Heizbetrieb mit Wärmepumpe JAZ 4.0 | 2.08 kWh oil-eq/kWh	Heizbetrieb mit Erdgas Eff. 0.9 | 0.23 kg CO_2-eq/kWh	Heizbetrieb mit Fernwärme Eff. 1.0 | 0.10 kg CO_2-eq/kWh	Heizbetrieb mit Wärmepumpe JAZ 4.0 | 0.13 kg CO_2-eq/kWh
Stahlbeton 20 cm λ = 2.20	**Anstrich** ³⁰ Innenputz ³⁰	[ungedämmt]	322.6	132.5	287.7	70.7	28.1	17.5
	Anstrich ³⁰ Klebemörtel ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Mineraldämmpl.** ⁶⁰ 10 innen 12 λ = 0.042 ' 16	34.5 29.6 23.3	15.1 13.1 10.7	16.3 14.2 11.4	7.7 6.6 5.2	3.3 2.9 2.4	1.3 1.2 1.1
	Aussenputz ³⁰ Klebemörtel ³⁰ ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Mineraldämmpl.** ⁶⁰ 10 kompakt ' 18 λ = 0.045 " 26 ''' 28	37.4 23.5 18.0 17.1	16.9 11.4 9.5 9.2	18.1 12.2 10.0 9.7	8.4 5.3 4.2 4.0	3.8 2.6 2.3 2.2	1.7 1.4 1.4 1.4
		Expand. Polystyrol 8 kompakt ' 14 λ = 0.035 " 20 ''' 22 '''' 28 ''''' 34	37.9 25.5 20.9 20.1 18.5 17.9	17.8 13.5 12.3 12.2 12.3 12.7	19.1 14.3 12.9 12.7 12.7 13.1	8.5 5.8 4.9 4.7 4.4 4.3	4.0 3.1 2.9 2.9 3.0 3.1	2.0 1.9 2.1 2.1 2.4 2.6
		Steinwolle ³⁰ 8 kompakt ' 14 λ = 0.035 " 20 ''' 22 '''' 28 ''''' 34	37.4 24.7 19.7 18.7 16.8 15.8	17.4 12.6 11.1 10.9 10.6 10.6	18.6 13.4 11.6 11.3 10.9 11.0	8.4 5.6 4.6 4.4 4.0 3.8	3.9 2.9 2.7 2.6 2.6 2.7	1.9 1.7 1.8 1.8 2.0 2.1
		Holzfaser ³⁰ 10 kompakt ' 16 λ = 0.042 " 24	36.7 26.3 20.8	17.4 13.7 12.2	18.5 14.4 12.7	8.2 5.9 4.7	3.8 3.0 2.7	1.9 1.8 1.9
	Faserzement ⁴⁰ 0.8 cm Unterkonstrukt. ⁴⁰ Innenputz ³⁰	**Steinwolle** ⁴⁰ 8 hinterlüftet ' 14 λ = 0.035 " 20 ''' 22 '''' 28 ''''' 34	36.7 24.1 18.7 17.6 15.2 13.8	17.2 12.2 10.2 9.8 9.1 8.7	18.4 12.9 10.8 10.3 9.4 9.0	8.3 5.5 4.4 4.1 3.6 3.3	3.9 2.9 2.5 2.4 2.2 2.2	1.9 1.7 1.6 1.6 1.6 1.7
	Glas (ESG) ⁶⁰ 1 cm Unterkonstr. ⁶⁰ Innenputz ³⁹	**Steinwolle** ⁶⁰ 8 hinterlüftet ' 14 λ = 0.035 " 20 ''' 22 '''' 28 ''''' 34	37.8 25.1 19.6 18.5 16.0 14.4	18.3 13.2 11.1 10.7 9.8 9.3	19.5 13.9 11.6 11.2 10.2 9.6	8.4 5.7 4.5 4.2 3.7 3.4	4.1 3.0 2.6 2.5 2.3 2.2	2.1 1.8 1.7 1.7 1.7 1.7
	2. Betonschale ⁶⁰ 15 cm mit Bewehrung Innenputz ³⁰	**PUR/PIR** ⁶⁰ 6 Kerndämmung ' 10 λ = 0.026 " 14 ''' 16 '''' 20 ''''' 24	37.0 25.4 20.4 18.9 16.9 15.8	17.4 13.1 11.4 10.9 10.5 10.3	18.6 13.8 11.9 11.4 10.9 10.7	8.6 6.1 5.0 4.7 4.3 4.0	4.2 3.3 3.0 2.9 2.8 2.8	2.3 2.1 2.1 2.1 2.2 2.3
Backstein 20 cm λ = 0.30	**Aussenputz** ³⁰ Innenputz ³⁰	[ungedämmt]	102.2	42.5	91.2	22.5	9.1	5.8
	Aussenputz ³⁰ Klebemörtel ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Mineraldämmpl.** ⁶⁰ 8 innen ' 14 λ = 0.042 ' 16	33.3 22.9 20.9	14.7 10.7 9.9	15.9 11.4 10.6	7.5 5.2 4.8	3.3 2.5 2.3	1.4 1.2 1.2
	Aussenputz ³⁰ Klebemörtel ³⁰ ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Mineraldämmpl.** ⁶⁰ 8 kompakt ' 14 λ = 0.045 " 22 ''' 26	35.8 25.1 18.8 17.0	16.3 12.2 9.8 9.2	17.5 13.0 10.4 9.7	8.0 5.7 4.4 4.0	3.6 2.8 2.3 2.2	1.7 1.5 1.4 1.4
		Expand. Polystyrol 6 kompakt ' 12 λ = 0.035 " 18 ''' 22 '''' 26 ''''' 32	37.4 25.1 20.5 19.0 18.1 17.5	17.4 13.1 11.9 11.8 11.9 12.3	18.6 13.8 12.5 12.2 12.3 12.7	8.4 5.7 4.8 4.4 4.3 4.2	3.9 3.0 2.8 2.8 2.9 3.0	1.9 1.8 2.0 2.1 2.3 2.5
		Steinwolle ³⁰ 6 kompakt ' 12 λ = 0.035 " 18 ''' 22 '''' 26 ''''' 32	37.0 24.4 19.4 17.6 16.5 15.5	17.0 12.4 10.8 10.4 10.3 10.4	18.3 13.1 11.3 10.9 10.7 10.7	8.3 5.6 4.5 4.1 3.9 3.8	3.8 2.9 2.6 2.5 2.5 2.6	1.8 1.6 1.7 1.8 1.9 2.1
		Dämmbackstein ⁶⁰ 12 kompakt ' 18 λ = 0.055-0.070 " 37	33.7 24.6 19.9	15.7 12.1 11.4	16.9 12.9 12.0	7.6 5.6 4.8	3.6 2.8 2.9	1.8 1.6 2.0
	Naturstein ⁶⁰ 3 cm Unterkonstr. ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Steinwolle** ⁶⁰ 6 hinterlüftet ' 12 λ = 0.035 " 18 ''' 22 '''' 26 ''''' 32	36.1 23.4 17.9 15.8 14.3 12.8	16.6 11.5 9.5 8.7 8.1 7.6	17.8 12.3 10.0 9.1 8.5 8.0	8.0 5.2 4.0 3.5 3.2 2.9	3.6 2.5 2.1 1.9 1.8 1.7	1.6 1.3 1.2 1.2 1.2 1.2
	Metallpaneele ⁶⁰ 0.4 cm (Verbund) Unterkonstr. ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Steinwolle** ⁶⁰ 6 hinterlüftet ' 12 λ = 0.035 " 18 ''' 22 '''' 26 ''''' 32	38.5 25.8 20.3 18.2 16.7 15.2	19.0 13.9 11.8 11.1 10.5 10.0	20.2 14.7 12.4 11.5 10.9 10.3	8.5 5.8 4.6 4.1 3.8 3.5	4.2 3.1 2.7 2.5 2.4 2.3	2.2 1.9 1.8 1.8 1.8 1.8
	Klinkerschale ⁶⁰ 11.5 cm Maueranker ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Glaswolle** ⁶⁰ 6 Kerndämmung ' 12 λ = 0.035 " 18 ''' 20	39.2 25.7 20.1 18.8	19.1 13.7 11.4 11.0	20.3 14.4 12.0 11.5	9.2 6.2 5.0 4.7	4.7 3.5 3.0 2.9	2.6 2.3 2.2 2.1
Kalksandstein 20 cm λ = 0.70	**Anstrich** ³⁰ Klebemörtel ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Mineraldämmpl.** ⁶⁰ 10 innen 12 λ = 0.042 ' 16	32.1 27.8 22.2	14.1 12.4 10.2	15.2 13.4 11.0	7.1 6.2 5.0	3.1 2.7 2.3	1.3 1.2 1.1
	Aussenputz ³⁰ Klebemörtel ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Mineraldämmpl.** ⁶⁰ 10 kompakt ' 16 λ = 0.045 " 26 ''' 28	34.9 24.6 17.5 16.7	15.8 11.8 9.3 9.0	17.0 12.6 9.8 9.5	7.8 5.6 4.1 3.9	3.5 2.7 2.2 2.2	1.6 1.4 1.4 1.4
	Holzfassade ⁴⁰ 2.8 cm Unterkonstrukt. ⁴⁰ Innenputz ³⁰	**Steinwolle** ⁴⁰ 8 hinterlüftet ' 12 λ = 0.035 " 20 ''' 22 '''' 28 ''''' 32	32.7 24.1 16.6 15.5 13.3 12.3	14.5 11.1 8.3 8.0 7.2 7.0	15.6 11.9 8.8 8.4 7.6 7.3	7.3 5.4 3.8 3.5 3.1 2.9	3.2 2.5 1.9 1.8 1.7 1.7	1.4 1.2 1.1 1.1 1.1 1.1
	KS-Verblender ⁶⁰ 11.5 cm Maueranker ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Glaswolle** ⁶⁰ 6 Kerndämmung ' 12 λ = 0.035 " 18 ''' 24	38.0 23.9 18.1 14.9	17.3 11.6 9.3 8.1	18.6 12.4 9.9 8.6	8.7 5.6 4.3 3.6	4.1 2.9 2.4 2.1	2.0 1.6 1.5 1.4
Dämmbackstein 30 cm λ = 0.26	**Aussenputz** ³⁰ Innenputz ³⁰	[ungedämmt] 30	73.7	35.5	66.7	17.1	8.5	6.4
	Aussenputz ³⁰ Klebemörtel ³⁰ Innenputz ³⁰	**Steinwolle** ³⁰ 4 kompakt ' 10 λ = 0.035 " 16 ''' 18	37.9 24.5 19.3 18.3	17.2 12.2 10.6 10.4	18.5 13.0 11.2 10.9	8.5 5.6 4.5 4.3	3.8 2.8 2.5 2.5	1.7 1.6 1.6 1.7
	Klinkerschale ⁶⁰ 11.5 cm Maueranker ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Glaswolle** ⁶⁰ 4 Kerndämmung ' 10 λ = 0.035 " 16 ''' 18	36.9 24.8 19.6 18.4	18.1 13.3 11.2 10.8	19.3 14.0 11.7 11.2	8.7 6.0 4.9 4.6	4.5 3.4 3.0 2.9	2.6 2.3 2.1 2.1
Porenbeton 30 cm λ = 0.26	**Aussenputz** ³⁰ Innenputz ³⁰	[ungedämmt] 30	73.7	35.5	66.7	17.1	8.5	6.4
	Aussenputz ³⁰ Klebemörtel ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Mineraldämmpl.** ⁶⁰ 6 kompakt ' 12 λ = 0.045 " 20 ''' 24	35.2 24.8 18.6 16.8	16.0 11.9 9.7 9.1	17.2 12.7 10.2 9.6	7.9 5.6 4.3 3.9	3.6 2.7 2.3 2.2	1.6 1.4 1.4 1.4
	KS-Verblender ⁶⁰ 11.5 cm Maueranker ⁶⁰ Innenputz ³⁰	**Glaswolle** ⁶⁰ 4 Kerndämmung ' 8 λ = 0.035 " 16 ''' 18	34.2 25.2 17.3 16.2	15.7 12.1 9.0 8.6	16.9 12.9 9.5 9.0	7.9 5.9 4.2 3.9	3.7 3.0 2.3 2.2	1.9 1.6 1.5 1.4
Massivholz λ = 0.13	**Anstrich** ³⁰ Installationsebene 6 cm, gedämmt ³⁰	**[= Tragschicht]** 20 ' 35 " 55	37.0 23.5 16.9	16.2 10.7 8.0	17.5 11.5 8.6	8.1 5.1 3.7	3.4 2.3 1.7	1.3 1.0 0.8
Massivholz 20 cm λ = 0.13	**Aussenputz** ³⁰ Installationsebene 6 cm, gedämmt ³⁰	**Holzfaser** ³⁰ ' 4 kompakt " 12 λ = 0.042 ''' 14 '''' 22	24.6 19.2 18.5 16.7	12.1 10.6 10.5 10.6	12.9 11.2 11.0 10.9	5.4 4.2 4.0 3.6	2.6 2.3 2.2 2.2	1.3 1.4 1.4 1.6
	Holzfassade ⁴⁰ 2.8 cm Unterkonstrukt. ⁴⁰ Installationsebene 6 cm, gedämmt ³⁰	**Holzfaser** ⁴⁰ ' 3 hinterlüftet " 10 λ = 0.040 ''' 14 '''' 20 ''''' 26	24.6 18.7 16.8 15.1 14.0	11.7 9.7 9.2 8.8 8.7	12.5 10.2 9.6 9.2 9.0	5.4 4.1 3.7 3.3 3.1	2.5 2.1 2.0 1.9 1.9	1.2 1.2 1.2 1.3 1.3
Holzständer Anteil 10% + Beplankung	**Holzfassade** ⁴⁰ 2.8 cm Unterkonstrukt. ⁴⁰ Installationsebene 6 cm, gedämmt ³⁰	**Hanf-Kalkziegel** ⁶⁰ ' 10 Anteil 90% " 22 λ = 0.070 ''' 28 + 4 cm Holzfaser ⁶⁰ '''' 40 ''''' 52	24.6 19.9 18.6 17.0 16.3	12.2 10.9 10.7 10.7 11.0	13.0 11.5 11.2 11.0 11.3	5.4 4.3 4.0 3.7 3.5	2.6 2.3 2.3 2.2 2.3	1.4 1.4 1.5 1.6 1.7
		Zellulose ⁶⁰ ' 6 Anteil 90% " 16 λ = 0.040 ''' 18 + 4 cm Holzfaser ⁶⁰ '''' 26 ''''' 34	24.3 17.2 16.3 13.7 12.0	11.6 8.8 8.4 7.4 6.7	12.4 9.3 8.9 7.8 7.1	5.3 3.8 3.6 3.0 2.7	2.5 1.9 1.8 1.6 1.5	1.2 1.0 1.0 1.0 0.9
		Stroh ⁶⁰ ' 8 Anteil 90% " 18 λ = 0.049 ''' 22 + 4 cm Holzfaser ⁶⁰ '''' 30 ''''' 40	23.4 17.4 15.9 13.7 11.8	11.2 8.8 8.2 7.3 6.6	12.0 9.4 8.7 7.7 6.9	5.1 3.8 3.5 3.0 2.6	2.4 1.9 1.8 1.6 1.5	1.2 1.0 1.0 1.0 0.9

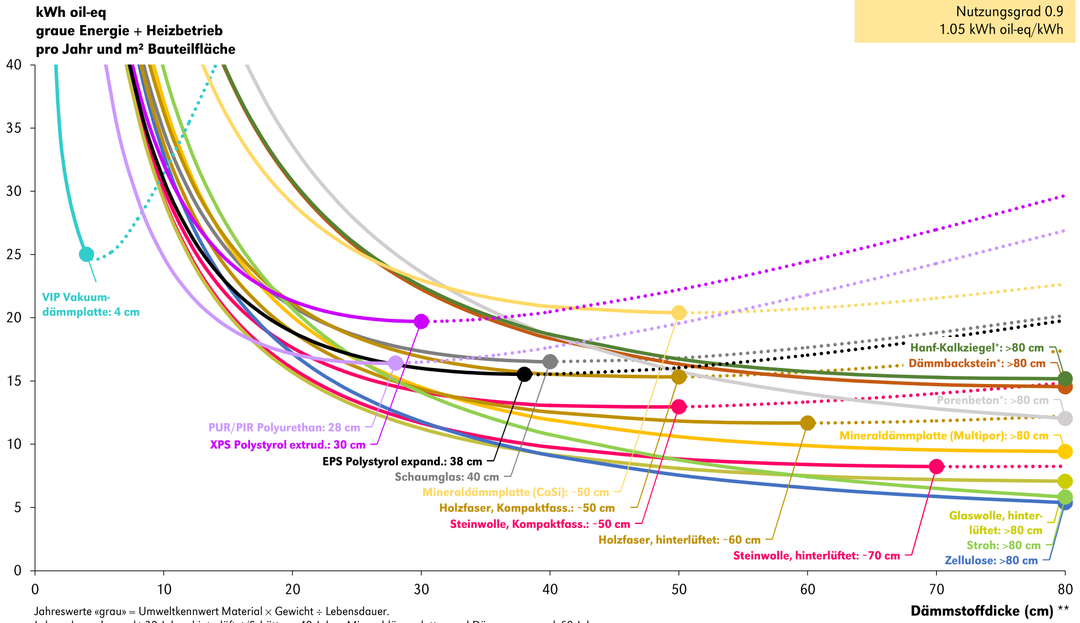
U < 0.4 W/(m²K), Mindestanforderung SIA 180
(wird hier stets eingehalten ausser bei ungedämmt)
' U ≤ 0.25 W/(m²K), Grenzwert SIA 380/1 Umbau
" U ≤ 0.17 W/(m²K), Grenzwert SIA 380/1 Neubau
''' U ≤ 0.15 W/(m²K), analog Anforderung Minergie-P Umbau
'''' U ≤ 0.12 W/(m²K), analog Anforderung Minergie-P Neubau
''''' U ≤ 0.10 W/(m²K), Zielwert SIA 380/1

Umweltkennwerte nach Ökobilanzdaten im Baubereich KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022. λ-Werte nach ubakus.de. Erhöhung der U-Werte durch punktförmige Wärmebrücken (Dübel, Anker etc.) nicht berücksichtigt.
Amortisationsdauer und Wandverkleidungen in Anlehnung an SIA Merkblatt 2032 Anhang D (Amortisation wird hier für einige Materialien höher eingeschätzt, siehe Indizes ³⁰ ⁴⁰ ⁶⁰).
Daten Mineraldämmplatte (Multipor) gem. Hersteller-EPD, plus Entsorgung «Dämmstoff mineralisch» gem. KBOB Ökobilanzdaten. Daten Baustroh (Dichte, λ-Wert): https://baustroh.de/extra/wissenswertes.html (Zugriff 18.06.2021)
Die Werte für den Heizbetrieb berechnen sich näherungsweise aus den Wärmeverlusten pro Heizperiode (Heizenergie kWh/a: Heizgradtage Standort Zürich Kloten × U-Wert gemäss Dämmstandard × 24 h/d ÷ 1000)
sowie der Effizienz der unterschiedlichen Anlagentypen und den Umweltkennwerten der Heizenergieträger. Bei ungedämmten Konstruktionen Wärmepumpe mit Jahresarbeitszahl (JAZ) 2.0.
Fernwärme Zürich, 30 % fossile Energieträger: https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/entsorgung_recycling/wissen/waermeproduktion/fakten-fw.html (Zugriff 23.10.2022). Wärmepumpe betrieben mit Netzstrom CH-Mix, 125 g CO_2-eq/kWh.
Unberücksichtigt bleiben Lage, Kubatur, Lüftung, solare und interne Wärmegewinne sowie Energieverluste innerhalb des Heizsystems.

LCA-optimierte Dämmstärken bezogen auf Primärenergieverbrauch (nicht erneuerbar)

Heizung: Erdgas

Nutzungsgrad 0.9
1.05 kWh oil-eq/kWh

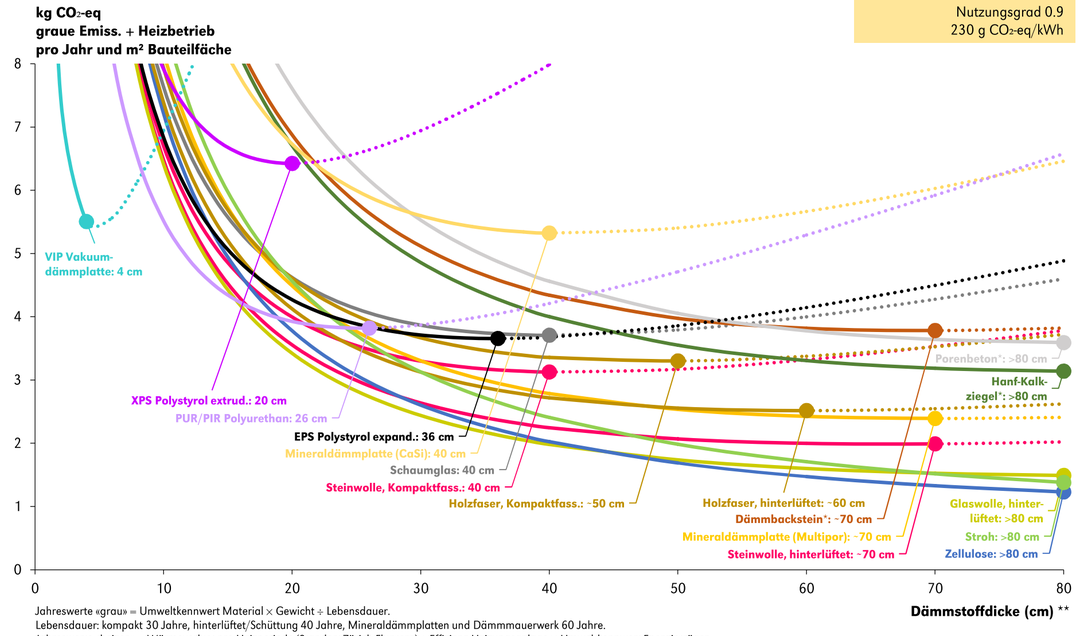


Jahreswerte «grau» = Umweltkennwert Material × Gewicht ÷ Lebensdauer.
Lebensdauer: kompakt 30 Jahre, hinterlüftet/Schüttung 40 Jahre, Mineraldämmplatten und Dämmmauerwerk 60 Jahre.
Jahreswerte «heizen» = Wärmeverlust pro Heizperiode (Standort Zürich Fluntern) ÷ Effizienz Heizungsanlage × Umweltkennwert Energieträger.
Umweltkennwerte Baustoffe und Energieträger nach KBOB Ökobilanzdaten 2009/1:2022 oder Hersteller-EPD.
* Baustoff übernimmt z.T. wandbildende Funktion, daher nicht mit reinen Dämmstoffen vergleichbar. ** In der Praxis sind die möglichen Dämmstoffdicken durch konstruktive Bedingungen begrenzt.

LCA-optimierte Dämmstärken bezogen auf Treibhausgasemissionen

Heizung: Erdgas

Nutzungsgrad 0.9
230 g CO_2-eq/kWh

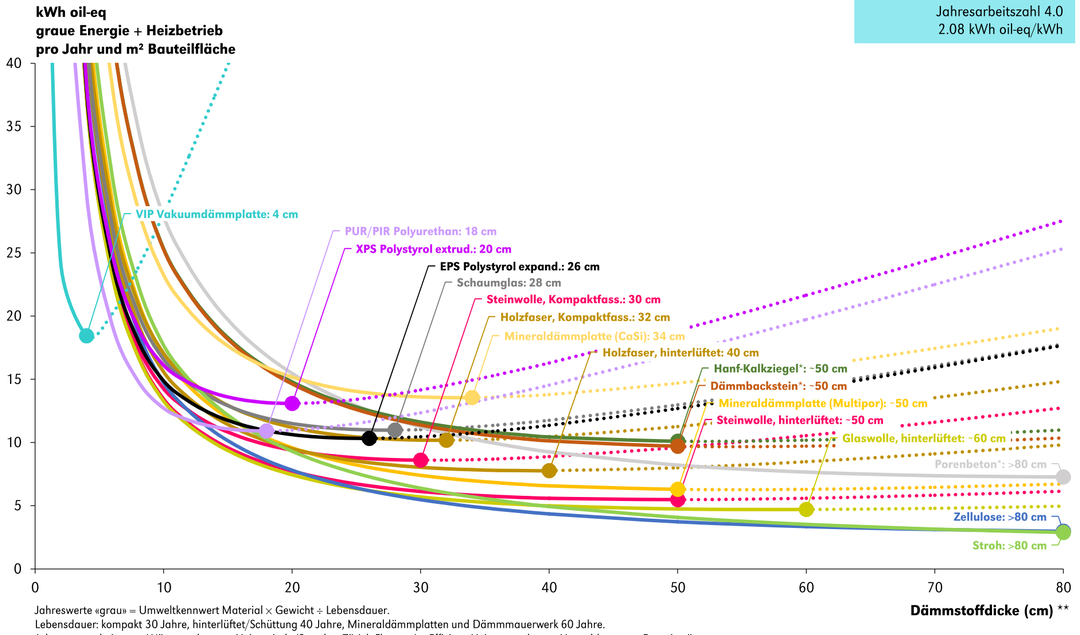


Jahreswerte «grau» = Umweltkennwert Material × Gewicht ÷ Lebensdauer.
Lebensdauer: kompakt 30 Jahre, hinterlüftet/Schüttung 40 Jahre, Mineraldämmplatten und Dämmmauerwerk 60 Jahre.
Jahreswerte «heizen» = Wärmeverlust pro Heizperiode (Standort Zürich Fluntern) ÷ Effizienz Heizungsanlage × Umweltkennwert Energieträger.
Umweltkennwerte Baustoffe und Energieträger nach KBOB Ökobilanzdaten 2009/1:2022 oder Hersteller-EPD.
* Baustoff übernimmt z.T. wandbildende Funktion, daher nicht mit reinen Dämmstoffen vergleichbar. ** In der Praxis sind die möglichen Dämmstoffdicken durch konstruktive Bedingungen begrenzt.

LCA-optimierte Dämmstärken bezogen auf Primärenergieverbrauch (nicht erneuerbar)

Heizung: Wärmepumpe

Jahresarbeitszahl 4.0
2.08 kWh oil-eq/kWh

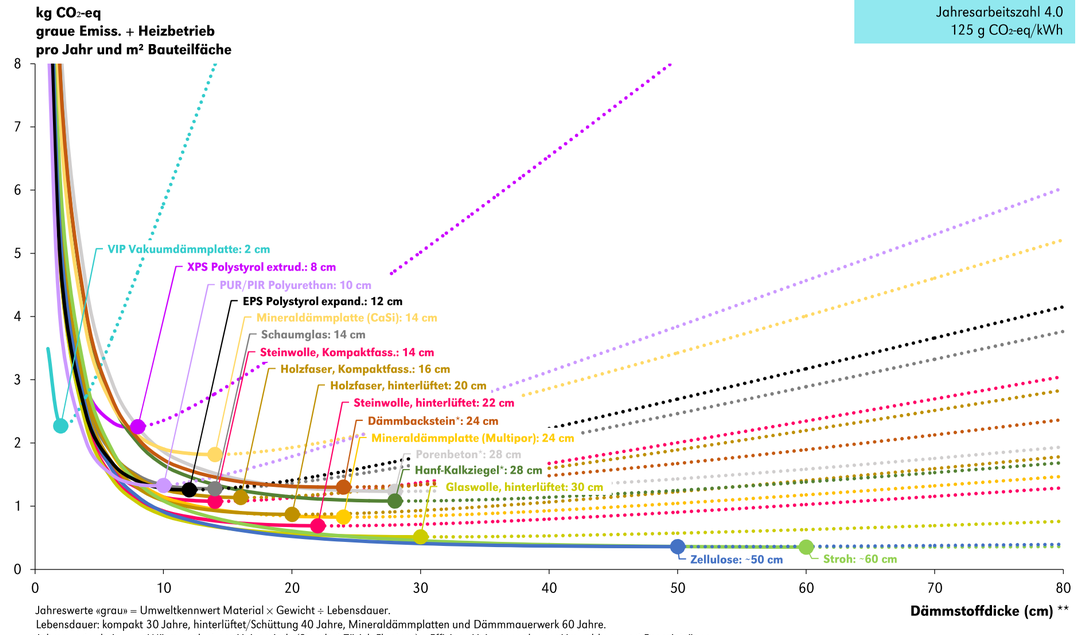


Jahreswerte «grau» = Umweltkennwert Material × Gewicht ÷ Lebensdauer.
Lebensdauer: kompakt 30 Jahre, hinterlüftet/Schüttung 40 Jahre, Mineraldämmplatten und Dämmmauerwerk 60 Jahre.
Jahreswerte «heizen» = Wärmeverlust pro Heizperiode (Standort Zürich Fluntern) ÷ Effizienz Heizungsanlage × Umweltkennwert Energieträger.
Umweltkennwerte Baustoffe und Energieträger nach KBOB Ökobilanzdaten 2009/1:2022 oder Hersteller-EPD.
* Baustoff übernimmt z.T. wandbildende Funktion, daher nicht mit reinen Dämmstoffen vergleichbar. ** In der Praxis sind die möglichen Dämmstoffdicken durch konstruktive Bedingungen begrenzt.

LCA-optimierte Dämmstärken bezogen auf Treibhausgasemissionen

Heizung: Wärmepumpe

Jahresarbeitszahl 4.0
125 g CO_2-eq/kWh



Jahreswerte «grau» = Umweltkennwert Material × Gewicht ÷ Lebensdauer.
Lebensdauer: kompakt 30 Jahre, hinterlüftet/Schüttung 40 Jahre, Mineraldämmplatten und Dämmmauerwerk 60 Jahre.
Jahreswerte «heizen» = Wärmeverlust pro Heizperiode (Standort Zürich Fluntern) ÷ Effizienz Heizungsanlage × Umweltkennwert Energieträger.
Umweltkennwerte Baustoffe und Energieträger nach KBOB Ökobilanzdaten 2009/1:2022 oder Hersteller-EPD.
* Baustoff übernimmt z.T. wandbildende Funktion, daher nicht mit reinen Dämmstoffen vergleichbar. ** In der Praxis sind die möglichen Dämmstoffdicken durch konstruktive Bedingungen begrenzt.

Stützen, überschlägige Ökobilanzen

Die Tabellen zeigen beispielhaft überschlägige Ökobilanzen von Stützen in gängigen Dimensionen für den Hochbau.
Die unter Variante 1 bzw. Variante 2 zusammengefassten Konstruktionstypen haben jeweils gleiche statische Eigenschaften (kalt bemessen).
Vereinfachend wurden dieselben Umweltkennwerte für alle Profilstahlsorten angesetzt. Nicht enthalten sind Befestigung und Bekleidung/Beschichtung.

Stütze h = 3 m, Variante 1, pro Stück

Typ / Dimensionen	Komponenten / Material	Gewicht	Lebensdauer	Primärenergie nicht erneuerbar		Treihausgasemissionen	
				kWh oil-eq		kg CO_2-eq	
		kg	Jahre	gesamt	pro Jahr	gesamt	pro Jahr
Beton 20 x 20 cm	Beton C30/37	276.0	60	48	0.8	28	0.5
	Längsbewehrung B500B 4 x ⌀ 20	41.5	60	207	3.5	63	1.1
	Bügel B500B	6.0	60	30	0.5	9	0.2
	Summe	**323.5**	–	**285**	**4.8**	**100**	**1.7**
Stahl H-Profil HEA 200	Stahl S235	129	60	436	7.3	95	1.6
	Kopf-/Fussplatte 15 mm	14.7	60	50	0.8	11	0.2
	Summe	**143.7**	–	**486**	**8.1**	**106**	**1.8**
Stahl H-Profil HEA 180	Stahl S355	109.2	60	369	6.2	81	1.3
	Kopf-/Fussplatte 15 mm	12.5	60	42	0.7	9	0.2
	Summe	**121.7**	–	**411**	**6.9**	**90**	**1.5**
Stahl R-Profil RRW 120 x 120 x 8	Stahl S355	82.8	60	280	4.7	61	1.0
	Kopf-/Fussplatte 15 mm	9.4	60	32	0.5	7	0.1
	Summe	**92.2**	–	**312**	**5.2**	**68**	**1.1**
Holz rund ⌀ 32 cm	Vollholz C24 (unverleimt)	**112.2**	60	**87**	**1.5**	**20**	**0.3**
Holz rechteckig 20 x 36 cm	Brettschichtholz GL24h	**94.8**	60	**146**	**2.4**	**32**	**0.5**

Stütze h = 3 m, Variante 2, pro Stück							
Typ / Dimensionen	**Komponenten / Material**	**Gewicht**	**Lebensdauer**	**Primärenergie nicht erneuerbar**		**Treihausgasemissionen**	
				kWh oil-eq		**kg CO_2-eq**	
		kg	**Jahre**	**gesamt**	**pro Jahr**	**gesamt**	**pro Jahr**
Beton 20 x 20 cm	Beton C30/37	276.0	60	48	0.8	28	0.5
	Längsbewehrung B500B 4 x ⌀ 16	25.3	60	126	2.1	38	0.6
	Bügel B500B	6.0	60	30	0.5	9	0.2
	Summe	**307.3**	–	**204**	**3.4**	**75**	**1.3**
Stahl H-Profil HEA 180	Stahl S235	109.2	60	369	6.2	81	1.3
	Kopf-/Fussplatte 12 mm	10.0	60	34	0.6	7	0.1
	Summe	**119.2**	–	**403**	**6.7**	**88**	**1.5**
Stahl H-Profil HEA 160	Stahl S355	93.6	60	316	5.3	69	1.2
	Kopf-/Fussplatte 12 mm	8.3	60	28	0.5	6	0.1
	Summe	**101.9**	–	**344**	**5.7**	**75**	**1.3**
Stahl R-Profil RRW 120 x 120 x 6,3	Stahl S355	66.6	60	225	3.8	49	0.8
	Kopf-/Fussplatte 12 mm	7.5	60	25	0.4	6	0.1
	Summe	**74.1**	–	**251**	**4.2**	**55**	**0.9**
Holz rund ⌀ 30 cm	Vollholz C24 (unverleimt)	**98.6**	60	**77**	**1.3**	**17**	**0.3**
Holz rechteckig 24 x 30 cm	Vollholz C24 (unverleimt)	**100.4**	60	**78**	**1.3**	**17**	**0.3**
Holz rechteckig 16 x 44 cm	Brettschichtholz GL24h	**92.7**	60	**143**	**2.4**	**31**	**0.5**

Berechnung / Anleitung zur Erweiterung der Tabelle
Spalte Gewicht [kg]: Bauteilvolumen × Rohdichte aus Datenquelle
Spalte Lebensdauer [a]: Annahmen in Anlehnung an Bauteiltabellen zu SIA 2032 Anhang D
Spalten Primärenergie / Treibhausgasemissionen gesamt: Gewicht × Kennwerte aus Datenquelle
Spalten Primärenergie / Treibhausgasemissionen pro Jahr: Gesamtwerte ÷ Lebensdauer

Datenquellen
Stützendimensionen und -konstruktionen zur Verfügung gestellt von C. Aerni, Aerni + Aerni Ingenieure AG, Zürich (Juni 2021)
Umweltkennwerte nach KBOB Ökobilanzdaten (Tabellen 2009/1:2022)

Le Corbusier, Maison du Brésil, Paris 1957
Foto: A. Kölsch

Decken, überschlägige Ökobilanzen

Die Tabellen zeigen beispielhaft überschlägige Ökobilanzen verschiedener gebräuchlicher Deckenkonstruktionen für den Wohnungsbau, nach je gleichen Anforderungen. Nicht enthalten ist die Bekleidung/Beschichtung der Unterseite.

Decke auf Stützenraster 5 × 5 m, pro m²

Typ	Komponenten / Material	Gewicht	Lebensdauer	Primärenergie nicht erneuerbar		Treihausgasemissionen	
				kWh oil-eq		kg CO_2-eq	
		kg	Jahre	gesamt	pro Jahr	gesamt	pro Jahr
Stahlbeton Flachdecke Portlandzement (CEM I) zweiachsig gespannt	1.5 cm Bodenbelag (Parkett)	7.9	30	40	1.3	8	0.3
	6 cm Unterlagsboden Anhydrit	120.0	60	52	0.9	11	0.2
	4 cm Trittschalldämmung Steinwolle	3.6	60	16	0.3	4	0.1
	22 cm Ortbeton C30/37, CEM I	474.4	60	108	1.8	58	1.0
	Armierungsstahl ca. 120 kg pro m³	26.4	60	132	2.2	40	0.7
	Summe (Gesamtaufbau 33.5 cm)	**632.3**	–	**348**	**6.5**	**121**	**2.2**
Stahlbeton Flachdecke Hochofenzement (CEM III/B) zweiachsig gespannt	1.5 cm Bodenbelag (Parkett)	7.9	30	40	1.3	8	0.3
	6 cm Unterlagsboden Anhydrit	120.0	60	52	0.9	11	0.2
	4 cm Trittschalldämmung Steinwolle	3.6	60	16	0.3	4	0.1
	22 cm Ortbeton C30/37, CEM III/B	474.4	60	102	1.7	29	0.5
	Armierungsstahl ca. 120 kg pro m³	26.4	60	132	2.2	40	0.7
	Summe (Gesamtaufbau 33.5 cm)	**632.3**	–	**342**	**6.4**	**93**	**1.7**
Brettstapelholzdecke einachsig gespannt, inkl. Unterzüge	1.5 cm Bodenbelag (Parkett)	7.9	30	40	1.3	8	0.3
	6 cm Unterlagsboden Anhydrit	120.0	60	52	0.9	11	0.2
	4 cm Trittschalldämmung Steinwolle	3.6	60	16	0.3	4	0.1
	8 cm Schüttung	160.0	60	14	0.2	3	0.0
	2.5 cm OSB (z. Scheibenausbildung)	15.1	60	41	0.7	9	0.1
	20 cm Brettstapel C24 (ohne Leim)	86.0	60	67	1.1	15	0.2
	Anteil Unterzug 64×24 cm BSH	14.4	60	22	0.4	5	0.1
	Verbindungsmittel Stahl (pauschal)	1.0	60	15	0.2	4	0.1
	Summe (Gesamtaufbau 42 cm)	**408.0**	–	**266**	**5.1**	**59**	**1.1**

Decke auf Stützenraster 5 × 5 m, pro m² *Fortsetzung*							
Typ	**Komponenten / Material**	**Gewicht**	**Lebensdauer**	**Primärenergie nicht erneuerbar**		**Treihausgasemissionen**	
				kWh oil-eq		**kg CO_2-eq**	
		kg	**Jahre**	**gesamt**	**pro Jahr**	**gesamt**	**pro Jahr**
Brettschichtholzdecke einachsig gespannt, inkl. Unterzüge	1.5 cm Bodenbelag (Parkett)	7.9	30	40	1.3	8	0.3
	6 cm Unterlagsboden Anhydrit	120.0	60	52	0.9	11	0.2
	4 cm Trittschalldämmung Steinwolle	3.6	60	16	0.3	4	0.1
	8 cm Schüttung	160.0	60	14	0.2	3	0.0
	20 cm Brettschichtholz GL24	86.0	60	132	2.2	29	0.5
	Anteil Unterzug 64×24 cm BSH	14.4	60	22	0.4	5	0.1
	Verbindungsmittel Stahl (pauschal)	1.0	60	15	0.2	4	0.1
	Summe (Gesamtaufbau 39.5 cm)	**392.9**	–	**291**	**5.5**	**64**	**1.2**
Holzbalkendecke einachsig gespannt, inkl. Unterzüge	1.5 cm Bodenbelag (Parkett)	7.9	30	40	1.3	8	0.3
	6 cm Unterlagsboden Anhydrit	120.0	60	52	0.9	11	0.2
	4 cm Trittschalldämmung Steinwolle	3.6	60	16	0.3	4	0.1
	8 cm Schüttung	160.0	60	14	0.2	3	0.0
	5 cm OSB (z. Scheibenausbildung)	30.3	60	82	1.4	17	0.3
	Balken 32×20 cm BSH, a = 62.5 cm	42.8	60	66	1.1	14	0.2
	Anteil Unterzug 64×24 cm BSH	14.4	60	22	0.4	5	0.1
	Verbindungsmittel Stahl (pauschal)	1.0	60	15	0.2	4	0.1
	Summe (Gesamtaufbau 56.5 cm)	**379.9**	–	**306**	**5.8**	**67**	**1.2**
Hohlkasten-Holzdecke (Lignatur) einachsig gespannt, inkl. Unterzüge	1.5 cm Bodenbelag (Parkett)	7.9	30	40	1.3	8	0.3
	6 cm Unterlagsboden Anhydrit	120.0	60	52	0.9	11	0.2
	4 cm Trittschalldämmung Steinwolle	3.6	60	16	0.3	4	0.1
	7 cm Splittschüttung	105.0	60	9	0.1	2	0.0
	Hohlkasten-Flächenelement* 24 cm	42.0	60	65	1.1	14	0.2
	Schallschutz: Tilgersteine (Beton)	25.0	60	4	0.1	3	0.0
	Anteil Unterzug 64×24 cm BSH	14.4	60	22	0.4	5	0.1
	Verbindungsmittel Stahl (pauschal)	1.0	60	15	0.2	4	0.1
	Summe (Gesamtaufbau 41.5 cm)	**318.9**	–	**223**	**4.4**	**51**	**1.0**

Decke auf Stützenraster 5 × 5 m, pro m² *Fortsetzung*							
Typ	**Komponenten / Material**	**Gewicht**	**Lebensdauer**	**Primärenergie nicht erneuerbar**		**Treihausgasemissionen**	
				kWh oil-eq		**kg CO_2-eq**	
		kg	**Jahre**	**gesamt**	**pro Jahr**	**gesamt**	**pro Jahr**
HBV Holz-Beton-Verbunddecke (CEM I) einachsig gespannt, inkl. Unterzüge	1.5 cm Bodenbelag (Parkett)	7.9	30	40	1.3	8	0.3
	6 cm Unterlagsboden Anhydrit	120.0	60	52	0.9	11	0.2
	4 cm Trittschalldämmung Steinwolle	3.6	60	16	0.3	4	0.1
	12 cm Ortbeton C30/37, CEM I	259.6	60	59	1.0	32	0.5
	Armierungsstahl ca. 100 kg pro m³	11.6	60	58	1.0	18	0.3
	14 cm Brettstapel C24 (ohne Leim)	60.8	60	47	0.8	11	0.2
	Anteil Unterzug 96×24 cm BSH	21.6	60	33	0.6	7	0.1
	Verbindungsmittel Stahl (pauschal)	1.0	60	15	0.2	4	0.1
	Summe (Gesamtaufbau 37.5 cm)	**486.1**	–	**320**	**6.0**	**95**	**1.7**
HBV Holz-Beton-Verbunddecke (CEM III/B) einachsig gespannt, inkl. Unterzüge	1.5 cm Bodenbelag (Parkett)	7.9	30	40	1.3	8	0.3
	6 cm Unterlagsboden Anhydrit	120.0	60	52	0.9	11	0.2
	4 cm Trittschalldämmung Steinwolle	3.6	60	16	0.3	4	0.1
	12 cm Ortbeton C30/37, CEM III/B	259.6	60	56	0.9	16	0.3
	Armierungsstahl ca. 100 kg pro m³	11.6	60	58	1.0	18	0.3
	14 cm Brettstapel C24 (ohne Leim)	60.8	60	47	0.8	11	0.2
	Anteil Unterzug 96×24 cm BSH	21.6	60	33	0.6	7	0.1
	Verbindungsmittel Stahl (pauschal)	1.0	60	15	0.2	4	0.1
	Summe (Gesamtaufbau 37.5 cm)	**486.1**	–	**317**	**6.0**	**79**	**1.5**

Berechnung / Anleitung zur Erweiterung der Tabelle / Datenquellen
Spalte Gewicht [kg]: Bauteilvolumen × Rohdichte aus Datenquelle
Spalte Lebensdauer [a]: Annahmen in Anlehnung an Bauteiltabellen zu SIA 2032 Anhang D
Spalten Primärenergie / Treibhausgasemissionen – gesamt: Gewicht × Kennwerte aus Datenquelle; pro Jahr: Gesamtwerte ÷ Lebensdauer

Deckenkonstruktionen zur Verfügung gestellt von G. Meleshko, WaltGalmarini AG, Zürich (März 2022, Jan. 2023)
Umweltkennwerte nach KBOB Ökobilanzdaten (Tabellen 2009/1:2022) und
https://treeze.ch/fileadmin/user_upload/calculators/Betonsortenrechner_Planer_DE/Betonsortenrechner_Planer.htm (Zugriff 25.03.2022 AK)
* Hohlkastenelement berechnet mit Umweltkennwerten von Brettschichtholz

Kohlenstoffspeicherung in Baumaterialien

Baustoffe können als Kohlenstoffspeicher betrachtet werden. Im Fall von biogenen Baustoffen wie Holz, Stroh etc. bindet das Wachstum der Pflanzen CO_2 aus der Atmosphäre.
Wird das Bauteil am Ende seiner Nutzungsdauer verbrannt oder verrottet, wird das CO_2 wieder frei – die Treibhausbilanz gleicht sich also langfristig aus.
Begrenzt man hingegen den Betrachtungszeitraum auf 100 Jahre, dient ein biogener Baustoff als (temporäre!) Kohlendioxidsenke, wenn er länger als die Hälfte seiner Rotationsperiode, d.h. die Zeit zum Nachwachsen, in der gebauten Umwelt gespeichert wird (Faustregel). Folglich ist der Effekt besonders ausgeprägt bei schnell nachwachsenden Pflanzenbaustoffen (Stroh, Hanf, Schilf, Bambus).

Biogene Baustoffe, Kohlenstoff-Zwischenspeicherung, 1 m²

Baustoff	Rohdichte	Kohlenstoff-gehalt	Typische Dicke	Gewicht	graue Emissionen	Kohlenstoff-gehalt	≙ Kohlen-dioxid
	kg/m³	kg C/kg	cm	kg	kg CO_2-eq	kg C	kg CO_2
Hanfbeton	600	0.065	20	120	39	8	**29**
Massivholz Buche / Eiche, kammergetrocknet	675	0.451	20	135	21	61	**223**
Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, kammergetrocknet	465	0.451	20	93	16	42	**154**
Brettschichtholz	439	0.446	20	88	30	39	**144**
Holzwolle-Leichtbauplatte, zementgebunden	400	0.138	2.5	10	5	1	**5**
Spanplatte, PF-gebunden, Feuchtbereich	640	0.417	2.5	16	8	7	**24**
OSB Platte, PF-gebunden, Feuchtbereich	605	0.444	2.5	15	9	7	**25**
Zellulose (Schüttung)	50	0.404	20	10	3	4	**15**
Holzfaserdämmplatte (hinterlüftet)	115	0.436	20	23	17	10	**37**
Kork-Dämmplatte	120	0.496	20	24	27	12	**44**
Flachsfasern, feuerfest	30	0.440	20	6	9	3	**10**
Hanf-Kalk-Ziegel	300	0.150	20	60	22	9	**33**
Stroh	115	0.368	35	40	4	15	**54**

Biogene Baustoffe bestehen zu ca. 50 % des Trockengewichts aus Kohlenstoff. Verbindet sich Kohlenstoff (C) mit Sauerstoff (O) zu CO_2, vervielfacht sich das Gewicht um den Faktor 3.67.
Beispiel: 22 kg Holz bestehen zu 45 % aus Kohlenstoff, d.h. 10 kg C. Umgewandelt in Kohlenstoffdioxid enspricht das 36.7 kg CO_2.
Kohlenstoffspeicherung und graue Emissionen nach KBOB Ökobilanzdaten (Tabellen 2009/1:2022).

Kohlendioxid kann auch mit Beton reagieren (Karbonatisierung) und wird dabei dauerhaft mineralisch gebunden. Mit neuen Verfahren wird versucht, diesen Prozess zu beschleunigen, indem Recyclingbetongranulat mit konzentriertem CO_2 in Kontakt gebracht wird. Die CO_2-Bilanz des so hergestellten Betons wird dadurch verbessert, allerdings liegt die Menge des gespeicherten Kohlendioxids pro m³ derzeit noch deutlich unter den grauen Treibhausgasemissionen.
Bei einem anderen Ansatz wird Pflanzenkohle als Zuschlagstoff beigemischt. Laut Hersteller ist damit CO_2-neutraler Beton möglich.

Beton, permanente Kohlenstoffspeicherung, 1 m²

Betonsorte (exkl. Armierung)	Rohdichte	Speicher-vermögen	Typische Dicke	Gewicht	graue Emissionen	Kohlenstoff-gehalt	≙ Kohlen-dioxid
	kg/m³	kg CO_2/m³	cm	kg	kg CO_2-eq	kg C	kg CO_2
Ortbeton CEM I, Recyclinggranulat karbonatisiert	2'190	10	20	438	49	0.5	**2**
Ortbeton CEM III/B, Recyclinggranulat karbonatisiert	2'190	10	20	438	25	0.5	**2**
Ortbeton mit Pflanzenkohle-Zuschlag	unbekannt	200	20	unbekannt	unbekannt	11	**40**

Firmenangaben Beton-Karbonatisierung (10 kg CO_2 pro m³): https://de.neustark.com/produce, https://zirkulit.ch/co2-speicherung/co2-speichertechnologie (Zugriff 26.03.2022 AK)
Firmenangaben Beton mit Pflanzenkohle (200 kg CO_2 pro m³): https://www.klark.swiss (Zugriff 21.01.2023 AK)
Betonsortenrechner: https://treeze.ch/fileadmin/user_upload/calculators/Betonsortenrechner_Planer_DE/Betonsortenrechner_Planer.htm

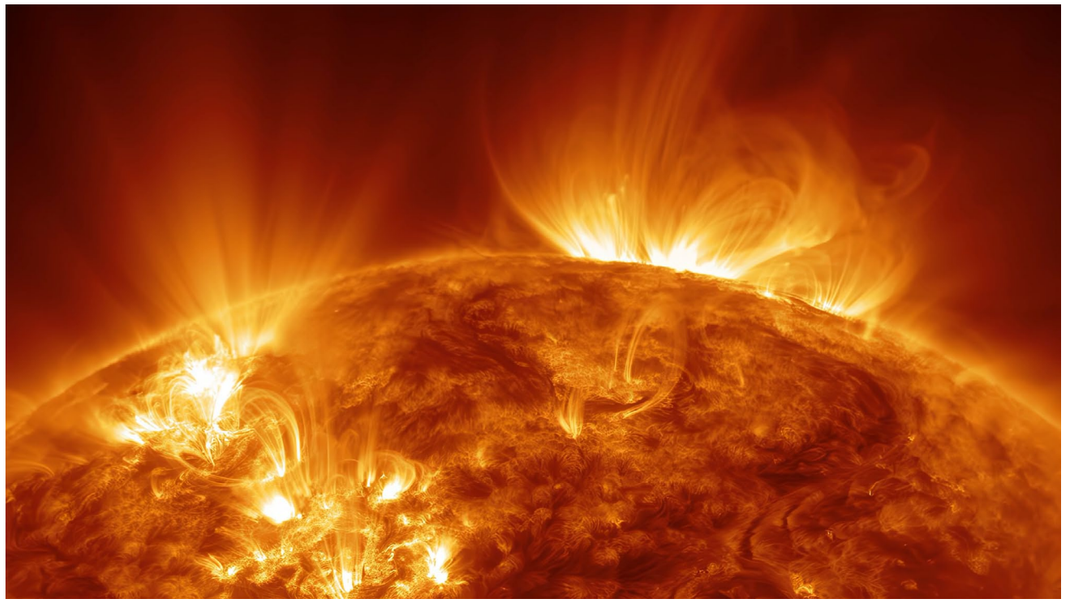
Bei dynamischer Betrachtung innerhalb eines Zeitrahmens <100 Jahren und unter Berücksichtigung des globalen Kohlenstoffzyklus kann die biogene Kohlenstoffspeicherung in Bauteilen als CO_2-Senke quantifiziert werden. Dieser Ansatz wird derzeit fachlich debattiert; als Beispiel steht hier eine Auswahl an biogenen Baustoffen aus der Studie «Material Diets for Climate-Neutral Construction» von Olga Beatrice Carcassi, Guillaume Habert et al. (2022). Als Speicherdauer werden 60 Jahre angesetzt.

Biogene Baustoffe, CO_2-Senkenwirkung im Zeitrahmen <100 Jahre, 1 m²

Baustoff	Rohdichte	Kohlenstoff-gehalt	Typische Dicke	Gewicht	graue Emissionen	Senken-wirkung	Netto-wirkung
	kg/m³	kg C/kg	cm	kg	kg CO_2-eq	kg CO_2-eq	kg CO_2-eq
Massivholz (Laubholz), Tragstruktur	640	0.491	20	128	10	-28	**-18**
Bambus (Glue Laminated Bamboo GLB)	636	0.518	20	127	98	-117	**-19**
Bambus (Cross Laminated Bamboo CLB)	636	0.518	20	127	98	-118	**-20**
Hanffaserdämmung	85	0.300	35	30	3	-16	**-13**
Schilfrohrdämmung	180	0.464	35	63	24	-54	**-29**
Strohdämmung	95	0.409	35	33	5	-24	**-19**

Quelle: https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.1c05895; Zugriff 07.05.2022. Typische Dicke: Annahme ProfessurGigon/Guyer.
Hinweis: Die Daten sind nicht ohne weiteres mit der «statischen» Lebenszyklusbetrachtung nach KBOB/SIA kompatibel.

DATENSAMMLUNG
PHOTOVOLTAIK UND SOLARTHERMIE



Oberfläche der Sonne, Wellenlänge 171 Ångström. NASA Solar Dynamics Observatory 2014

Photovoltaik, Kennwerte

Eigenschaften und Umweltkennwerte (graue Energie, graue Emissionen)

Zelltyp	Typischer Wirkungsgrad		Flächenbedarf	Lebensdauer	Platzierung	Primärenergie nicht erneuerbar		Treibhausgasemissionen	
						kWh oil-eq/m²		kg CO_2-eq/m²	
	%	kW_P/m^2	m^2/kW_P	Jahre		gesamt	pro Jahr	gesamt	pro Jahr
Silizium, monokristallin	20.0	0.20	5.00	30	Flachdach	1'030	34.3	287	9.6
					Schrägdach	910	30.3	252	8.4
					Fassade	1'120	37.3	307	10.2
Silizium, polykristallin	18.0	0.18	5.56	30	Flachdach	930	31.0	257	8.6
					Schrägdach	820	27.3	225	7.5
					Fassade	1'020	34.0	275	9.2
Dünnschicht CdTe	16.0	0.16	6.25	25	Flachdach	590	23.6	145	5.8
					Schrägdach	520	20.8	127	5.1
					Fassade	643	25.7	155	6.2
Dünnschicht CIS	15.0	0.15	6.67	25	Flachdach	784	31.4	185	7.4
					Schrägdach	692	27.7	162	6.5
					Fassade	856	34.2	198	7.9

Modulwirkungsgrad: Stromproduktion des PV-Moduls im Verhältnis zur Sonneneinstrahlung (unter Standardbedingungen).
Beispiel Wirkungsgrad 18 %: Bei einer Sonneneinstrahlung von 1 kW/m² liefert das Modul eine Spitzenleistung von 0.18 kW_P/m^2 (kW_P = Kilowatt Peak, Nennleistung).
Der Kehrwert entspricht dem Flächenbedarf: 1 ÷ 0.18 = 5.56 m^2/kW_P.

Die Lebensdauer von Modulen mit Siliziumzellen wird mit 30 Jahren angenommen, bei Dünnschichtmodulen 25 Jahre.

Umweltkennwerte: Ökobilanzdaten im Baubereich KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022. Daten tw. interpoliert (Flachdach, Fassade) und umgerechnet auf m² Modulfläche.
Beispiel Silizium polykristallin, Flachdach: Treibhausgasemissionen 1'425 kg CO_2-eq/kW_P × Modulwirkungsgrad 0.18 kW_P/m^2 = 257 kg CO_2-eq/m².
Mittels Lebensdauer auf jährliche Teilbeträge amortisiert: 257 kg CO_2-eq/m² ÷ 30 Jahre = 8.6 kg CO_2-eq/(m²×a).

Photovoltaik, Erträge

Der Jahresertrag, d.h. die in einem Jahr produzierte Energiemenge einer PV-Anlage, ist abhängig von geographischem Standort, Neigung und Ausrichtung. (Auch die Verschattung und allfällige Oberflächenbehandlung spielen eine wesentliche Rolle; dies bleibt hier unberücksichtigt.)

Erträge relativ in %

Zelltyp	Platzierung	% je Ausrichtung								
		hori-zontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°
Silizium, monokristallin Silizium, polykristallin	Flachdach	85	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	100	95	80	60	51	60	78	93
	Fassade	–	70	66	50	29	18	28	48	64
Dünnschicht CdTe	Flachdach	84	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	100	95	79	58	48	57	77	93
	Fassade	–	68	65	48	26	14	25	45	62
Dünnschicht CIS	Flachdach	85	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	100	95	80	61	51	60	78	93
	Fassade	–	70	66	50	29	18	29	48	64

Die Tabelle zeigt die Erträge verschieden orientierter PV-Anlagen relativ zur bestmöglichen Ausrichtung zur Sonne (Süden, 37° geneigt).
Datenquelle: PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), EU Science Hub. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP,
Zugriff 2022-04-08. Standort Zürich, ETH Hönggerberg, Dachneigung 37°, Systemverlust 10%, keine Verschattung
Hinweis: Laut PVGIS ist die optimale Himmelsrichtung Süd +3° gegen Westen, hier nicht berücksichtigt.

Erträge absolut in kWh/(m²×a)

Zelltyp	Platzierung	kWh/(m²×a) je Ausrichtung (Degradation eingerechnet)								
		horizontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°
Silizium, monokristallin	Flachdach	186	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	219	208	175	133	113	131	171	204
	Fassade	–	154	145	109	63	39	62	105	140
Silizium, polykristallin	Flachdach	168	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	197	187	157	119	101	118	154	184
	Fassade	–	139	131	98	57	35	56	95	126
Dünnschicht CdTe	Flachdach	149	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	177	168	139	103	86	102	136	165
	Fassade	–	121	114	84	46	25	44	81	109
Dünnschicht CIS	Flachdach	137	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	161	153	129	98	83	97	126	150
	Fassade	–	113	107	81	47	29	46	78	103

Hier werden die laut Datenquelle (PVGIS) erzielbaren Erträge je Zelltyp und Ausrichtung umgerechnet (per Flächenbedarf und Degradation) auf tatsächlich im Jahresmittel erwartbare Erträge pro m² Modulfläche.

Beispiel Si. poly. Flachdach: Erzielbarer Ertrag 976 kWh/(kW_P×a) ÷ Flächenbedarf 5.56 m²/kW_P × Degradation 95.5 % = Jahresertrag 168 kWh/(m²×a).

Degradation: Minderung des Wirkungsgrades über die Lebensdauer (vereinfacht: lineare Abnahme).

Beispiel: Abnahme pro Jahr 0.3 %/a × Lebensdauer 30 a = 9.0 % Abnahme gesamt. Entspricht einem gemitteltem Jahresertrag von 95.5 %.

Vergleich: Photovoltaik vs. CH-Netzstrom

Teilt man die graue Energie bzw. die grauen Emissionen durch die PV-Erträge, erhält man die Umweltkennwerte des selbst produzierten Solarstroms, welche man mit Strom aus dem Netz vergleichen kann. Sind die Kennwerte niedriger, verbessert sich die Ökobilanz des Gebäudes durch die PV-Anlage, wenn der Ertrag zur Deckung des eigenen Bedarfs genutzt wird.

Umweltkennwerte für selbst produzierten Strom aus PV (schlechter / gleich / besser als Benchmark)

Zelltyp	Platzierung	Primärenergie nicht erneuerbar kWh oil-eq/kWh je Ausrichtung									Treibhausgasemissionen g CO_2-eq/kWh je Ausrichtung								
		horizontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°	horizontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°
Silizium, monokristallin	Flachdach	0.18	–	–	–	–	–	–	–	–	51	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	0.14	0.15	0.17	0.23	0.27	0.23	0.18	0.15	–	38	40	48	63	75	64	49	41
	Fassade	–	0.24	0.26	0.34	0.59	0.97	0.60	0.35	0.27	–	66	70	94	162	265	166	97	73
Silizium, polykristallin	Flachdach	0.18	–	–	–	–	–	–	–	–	51	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	0.14	0.15	0.17	0.23	0.27	0.23	0.18	0.15	–	38	40	48	63	74	63	49	41
	Fassade	–	0.24	0.26	0.35	0.60	0.98	0.61	0.36	0.27	–	66	70	93	161	264	165	97	73
Dünnschicht CdTe	Flachdach	0.16	–	–	–	–	–	–	–	–	39	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	0.12	0.12	0.15	0.20	0.24	0.20	0.15	0.13	–	29	30	36	49	59	50	37	31
	Fassade	–	0.21	0.22	0.30	0.56	1.04	0.59	0.32	0.24	–	51	54	74	136	251	141	77	57
Dünnschicht CIS	Flachdach	0.23	–	–	–	–	–	–	–	–	54	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	0.17	0.18	0.22	0.28	0.34	0.29	0.22	0.18	–	40	42	50	66	79	67	52	43
	Fassade	–	0.30	0.32	0.42	0.72	1.17	0.74	0.44	0.33	–	70	74	98	168	271	172	102	77
«Benchmark» (Vergleichsgrösse) 1 kWh Endenergie Strom aus CH-Verbrauchermix					2.08										125				

Beispiel Si. poly. Flachdach: Primärenergie n.e. 31.0 kWh oil-eq/(m²×a) ÷ Ertrag 168 kWh/(m²×a) = Kennwert 0.18 kWh oil-eq/kWh.
Dies entspricht 9% des Benchmarks (2.08 kWh oil-eq/kWh).
Hinweis: Der hohe Anteil an Wasser- und Atomkraft in der Schweizer Stromproduktion führt zu einem im internationalen Vergleich niedrigen Ausstoss an Treibhausgasen.
Da es nahe liegt, zuerst fossil erzeugten (Import-)Strom durch PV-Strom zu ersetzen, sind auch PV-Flächen mit ungünstigerer (Nord-)Ausrichtung vertretbar.

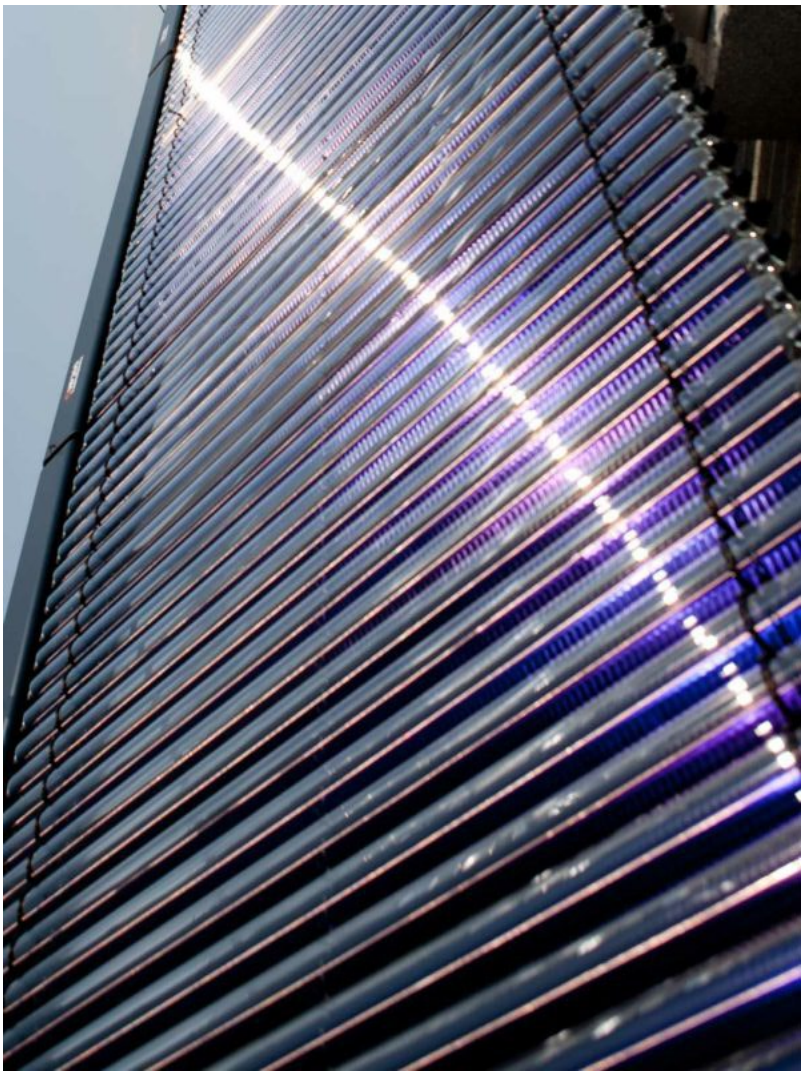
Vergleich: Photovoltaik vs. CH-Netzstrom, als Amortisationsdauer dargestellt

Zur Ermittlung der Amortisationsdauer einer PV-Anlage («Payback time») wird ihr Erstellungsaufwand durch die Kennwerte der jährlich eingesparten Menge an Netzstrom geteilt. Ist die Amortisationsdauer kürzer als die Lebensdauer der Anlage, hat sie insgesamt eine positive Ökobilanz (– die wirtschaftliche Amortisation wäre separat zu betrachten).

Amortisationsdauer der PV-Anlage (schlechter / gleich / besser als Benchmark)

Zelltyp	Platzierung	Primärenergie nicht erneuerbar – Jahre je Ausrichtung									Treibhausgasemissionen – Jahre je Ausrichtung								
		horizontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°	horizontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°
Silizium, monokristallin	Flachdach	2.7	–	–	–	–	–	–	–	–	12.3	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	2.0	2.1	2.5	3.3	3.9	3.3	2.6	2.1	–	9.2	9.7	11.5	15.2	17.9	15.3	11.8	9.9
	Fassade	–	3.5	3.7	4.9	8.5	14.0	8.7	5.1	3.8	–	15.9	16.9	22.5	38.8	63.7	39.8	23.3	17.5
Silizium, polykristallin	Flachdach	2.7	–	–	–	–	–	–	–	–	12.2	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	2.0	2.1	2.5	3.3	3.9	3.3	2.6	2.1	–	9.1	9.6	11.4	15.1	17.8	15.2	11.7	9.8
	Fassade	–	3.5	3.7	5.0	8.6	14.1	8.8	5.2	3.9	–	15.8	16.8	22.4	38.6	63.4	39.6	23.2	17.4
Dünnschicht CdTe	Flachdach	1.9	–	–	–	–	–	–	–	–	7.8	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	1.4	1.5	1.8	2.4	2.9	2.5	1.8	1.5	–	5.7	6.1	7.3	9.9	11.9	10.0	7.5	6.2
	Fassade	–	2.6	2.7	3.7	6.8	12.5	7.0	3.8	2.8	–	10.2	10.8	14.7	27.2	50.2	28.2	15.4	11.3
Dünnschicht CIS	Flachdach	2.8	–	–	–	–	–	–	–	–	10.8	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	2.1	2.2	2.6	3.4	4.0	3.4	2.6	2.2	–	8.0	8.5	10.1	13.3	15.7	13.4	10.3	8.6
	Fassade	–	3.7	3.9	5.1	8.7	14.1	9.0	5.3	4.0	–	14.1	14.8	19.6	33.5	54.1	34.5	20.4	15.4
«Benchmark» (Vergleichsgrösse) Lebensdauer Siliziummodule / Dünnschichtmodule					30	/	25							30	/	25			

Beispiel Si. poly. Flachdach: Primärenergie n.e. Erstellung 930 kWh oil-eq/m² ÷ (Jahresertrag PV 168 kWh/(m²×a) × Primärenergie n.e. CH-Netzstrom 2.08 kWh oil-eq/kWh)
= Amortisationsdauer 2.7 a, d.h. kürzer als Lebensdauer der Anlage (30 a)
Beispiel Si. poly. Fassade Nord: THG-Emissionen Erstellung 275 kg CO_2-eq/m² ÷ (Jahresertrag PV 34.7 kWh/(m²×a) × THG-Emissionen CH-Netzstrom 0.125 kg CO_2-eq/kWh)
= Amortisationsdauer 63.4 a, d.h. länger als Lebensdauer der Anlage (30 a)



Solarthermie, Kennwerte

Eigenschaften und Umweltkennwerte (graue Energie, graue Emissionen)								
Kollektortyp und Anwendung	**Flächenbedarf**			**Lebens-dauer**	**Primärenergie nicht erneuerbar**		**Treibhausgas-emissionen**	
	m² pro 1'000 kWh jährlich nutzbare Endenergie				**kWh oil-eq/m²**		**kg CO_2-eq/m²**	
	Schrägdach Süd	Schrägdach Ost/West, Flachdach, Fass. Süd	Fassade Ost/West	**Jahre**	**gesamt**	**pro Jahr**	**gesamt**	**pro Jahr**
Flachkollektor für Warmwasser Mehrfamilienhaus	ca. 1.9	ca. 2.9	ca. 4.9	30	668	22.3	169	5.6
Flachkollektor für Warmwasser Einfamilienhaus	ca. 2.2	ca. 3.2	ca. 5.2	30	1'070	35.7	290	9.7
Flachkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	ca. 3.0	ca. 4.9	ca. 8.6	30	784	26.1	204	6.8
Röhrenkollektor für Raum-heizung und Warmwasser EFH	ca. 2.5	ca. 4.0	ca. 6.7	30	886	29.5	231	7.7

Die nutzbare Endenergie einer Solarthermie-Anlage ist u.a. abhängig von der Anwendung: Warmwasser wird das ganze Jahr über gebraucht, Raumheizung nur in der Heizperiode, wenn auch die Sonne weniger Energie liefert.
Somit ergibt sich bei Anlagen, die auch für die Raumheizung genutzt werden sollen, ein höherer Flächenbedarf.
Die Lebensdauer von Solarkollektoren wird mit 30 Jahren angenommen (vgl. SIA 2032 Anhang C).
Umweltkennwerte gemäss Ökobilanzdaten im Baubereich KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022. Mittels Lebensdauer auf jährliche Teilbeträge amortisiert.
Beispiel Flachkollektor Warmwasser Mehrfamilienhaus: Treibhausgasemissionen 169 kg CO_2-eq/m² ÷ 30 Jahre = 5.6 kg CO_2-eq/(m²×a).

Faustregeln: Deckungsgrade, Wärmebedarf (Raumheizung + Warmwasser), Kollektorfläche, Speichergrösse
Für 50 % solare Deckung bedarf es pro Gesamtwärmebedarf von 4'000 kWh einer Speichergrösse von 1'000 l und 7 m² Kollektoren.
Für 70 % solare Deckung bedarf es pro Gesamtwärmebedarf von 4'000 kWh einer Speichergrösse von 2'000 l und 13 m² Kollektoren.
Für 80 % solare Deckung bedarf es pro Gesamtwärmebedarf von 4'000 kWh einer Speichergrösse von 4'000 l und 17 m² Kollektoren.
Für 100 % solare Deckung bedarf es pro Gesamtwärmebedarf von 4'000 kWh einer Speichergrösse von 10'000 l und 28 m² Kollektoren.

Dach mit 30° Neigung (oder auf Flachdach 30° aufgeständert) und 30° Südabweichung. Kollektorertrag Zürich-Stadt.
Andere Kombinationen von Speichergrösse und Kollektorfläche sind möglich. Quelle: Auskunft Fa. Jenni Energietechnik AG, 19.11.2021 (ohne Gewähr)

Solarthermie, Erträge

Der Jahresertrag, d.h. die in einem Jahr produzierte Energiemenge einer Solarthermie-Anlage, ist abhängig von geographischem Standort, Neigung und Ausrichtung. (Auch die Verschattung und allfällige Oberflächenbehandlung spielen eine Rolle; dies bleibt hier unberücksichtigt.)

Erträge relativ in %

Kollektortyp und Anwendung	Platzierung	% je Ausrichtung								
		horizontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°
Flachkollektor für Warmwasser MFH	Flachdach	63	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	**100**	92	67	41	32	40	63	88
	Fassade	–	61	58	41	28	21	25	36	53
Flachkollektor für Warmwasser EFH	Flachdach	70	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	**100**	95	71	45	35	43	67	92
	Fassade	–	64	64	45	24	17	22	39	58
Flachkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Flachdach	59	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	**100**	88	62	35	25	34	58	83
	Fassade	–	62	57	38	18	12	16	31	51
Röhrenkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Flachdach	60	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	**100**	88	63	38	29	36	59	83
	Fassade	–	66	59	40	21	16	20	35	54

Die Tabelle zeigt die Erträge verschieden orientierter Anlagen relativ zur bestmöglichen Ausrichtung zur Sonne (Süden, Schrägdach).
Datenquelle Energieschweiz Solarrechner (Tachion), siehe «Erträge absolut».

Erträge absolut in kWh/(m²×a)										
Kollektortyp und Anwendung	**Platzierung**	**jährlich nutzbare Endenergie kWh/(m²×a) je Ausrichtung**								
		horizontal	**0° Süd**	**45°**	**90° West**	**135°**	**180° Nord**	**-135°**	**-90° Ost**	**-45°**
Flachkollektor für Warmwasser MFH	Flachdach	340	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	537	492	360	221	173	214	340	474
	Fassade	–	326	311	220	153	113	137	192	284
Flachkollektor für Warmwasser EFH	Flachdach	323	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	463	441	331	207	162	199	312	425
	Fassade	–	298	298	207	112	77	102	179	269
Flachkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Flachdach	200	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	338	297	209	118	85	114	195	282
	Fassade	–	209	193	127	60	42	54	106	172
Röhrenkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Flachdach	240	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	400	353	254	150	116	146	236	334
	Fassade	–	266	235	160	84	66	80	139	214

Datenquelle: Energieschweiz Solarrechner (Tachion), https://www.energieschweiz.ch/tools/solarrechner/, Zugriff 2022-03-18.
Standort 8049 Zürich, Dachneigung Schrägdach: 37°.
EFH = Einfamilienhaus MINERGIE, 200 m² Wohnfläche, 5 Personen. MFH = Mehrfamilienhaus, 20 Personen (Annahmen Professur Gigon/Guyer)
Kollektortyp "Standardkollektor", automatische Auslegung der Anlagengrösse durch den Solarrechner.
Zur Anlage gehört jeweils ein Speicher mit ca. 100 l/m² Kollektorfläche (nicht in Umweltkennwerten enthalten).
Die Erträge wurden aus der Differenz zwischen den Rechenergebnissen mit und ohne Solaranlage ermittelt (Elektroheizung).

Vergleich: Solarthermie vs. Wärmepumpe mit CH-Netzstrom

Teilt man die graue Energie bzw. die grauen Emissionen durch die Energieerträge, erhält man die Umweltkennwerte der selbst produzierten Wärme aus Solarthermie, welche man mit anderen Anlagen vergleichen kann. Anstelle einer Solarthermie-Anlage kann die Nutzwärme auch mit einer Wärmepumpe generiert werden. Die elektrische Energie aus dem Stromnetz wird mit der Wärmepumpe «vervielfacht» (Bsp. Jahresarbeitszahl 3.0: Ein kWh Strom wird zu drei kWh Wärme).
Der Vergleich liefert eine grobe Orientierung, ob Solarthermie auf einer bestimmten Dach-/Fassadenfläche umweltfreundlicher ist als die Kombination Wärmepumpe + Netzstrom.
Im Einzelfall sind präzisere Berechnungen erforderlich. *[Vergleich mit Gasheizung nicht dargestellt; hier ist Solarthermie in jedem Fall besser!]*

Umweltkennwerte für Nutzwärme aus Solarthermie (schlechter / gleich / besser als Benchmark)

Kollektortyp und Anwendung	Platzierung	Primärenergie nicht erneuerbar kWh oil-eq/kWh je Ausrichtung									Treibhausgasemissionen g CO_2-eq/kWh je Ausrichtung								
		horizontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°	horizontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°
Flachkollektor für Warmwasser MFH	Flachdach	0.07	–	–	–	–	–	–	–	–	17	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	0.04	0.05	0.06	0.10	0.13	0.10	0.07	0.05	–	11	11	16	25	33	26	17	12
	Fassade	–	0.07	0.07	0.10	0.15	0.20	0.16	0.12	0.08	–	17	18	26	37	50	41	29	20
Flachkollektor für Warmwasser EFH	Flachdach	0.11	–	–	–	–	–	–	–	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	0.08	0.08	0.11	0.17	0.22	0.18	0.11	0.08	–	21	22	29	47	60	49	31	23
	Fassade	–	0.12	0.12	0.17	0.32	0.46	0.35	0.20	0.13	–	32	32	47	86	125	94	54	36
Flachkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Flachdach	0.13	–	–	–	–	–	–	–	–	34	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	0.08	0.09	0.12	0.22	0.31	0.23	0.13	0.09	–	20	23	32	57	80	60	35	24
	Fassade	–	0.13	0.14	0.21	0.44	0.62	0.49	0.25	0.15	–	33	35	53	114	161	127	64	39
Röhrenkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Flachdach	0.12	–	–	–	–	–	–	–	–	32	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	0.07	0.08	0.12	0.20	0.26	0.20	0.12	0.09	–	19	22	30	51	67	53	33	23
	Fassade	–	0.11	0.13	0.19	0.35	0.45	0.37	0.21	0.14	–	29	33	48	92	117	96	55	36
«Benchmark» (Vergleichsgrösse) Warmwasser / Raumheizung und WW Wärmepumpe an Netzstrom		1.04 / 0.69									63 / 42								

Berechnung Benchmarks für Nutzwärme, erzeugt mit Wärmepumpe an CH-Netzstrom: Umweltkennwerte Strom ÷ Jahresarbeitszahl Wärmepumpe (JAZ)
Umweltkennwerte 1 kWh Strom CH-Verbrauchermix: Primärenergie nicht erneuerbar 2.08 kWh oil-eq Treibhausgasemissionen 125 g CO2-eq
JAZ Warmwasser: 2.0 (wegen hoher erforderlicher Temperaturen für Warmwasser)
JAZ Raumwärme und Warmwasser: 3.0 (Mittelwert aus JAZ 2.0 für Warmwasser und JAZ 4.0 für Raumwärme)

Beispiel Flachkollektor Warmwasser MFH Flachdach: Primärenergie n.e. 22.3 kWh oil-eq/(m²×a) ÷ Ertrag 340 kWh/(m²×a) = Kennwert 0.07 kWh oil-eq/kWh Nutzwärme.
Dies ist besser als der Benchmark (Primärenergie n.e. 2.08 kWh oil-eq/kWh Netzstrom ÷ Jahresarbeitszahl Wärmepumpe 2.0 = 1.04 kWh oil-eq/kWh Nutzwärme).
Speicherung und Verteilung bleiben hier unberücksichtigt (Erstellung und Effizienzverluste), ebenso die graue Energie / grauen Emissionen der Wärmepumpe.

Vergleich: Solarthermie vs. Wärmepumpe mit Photovoltaik

Teilt man die graue Energie bzw. die grauen Emissionen durch die Energieerträge, erhält man die Umweltkennwerte der selbst produzierten Wärme aus Solarthermie, welche man mit anderen Anlagen vergleichen kann. Anstelle einer Solarthermie-Anlage kann die Nutzwärme auch mit einer Wärmepumpe kombiniert mit Photovoltaik am Gebäude generiert werden. Die elektrische Energie aus der PV-Anlage wird mit der Wärmepumpe «vervielfacht» (Bsp. Jahresarbeitszahl 3.0: Ein kWh Strom wird zu drei kWh Wärme).
Der Vergleich liefert eine grobe Orientierung für die Entscheidung, für welchen Anlagentyp eine Dach-/Fassadenfläche verwendet werden soll.
Im Einzelfall sind präzisere Berechnungen erforderlich. *[Vergleich mit Gasheizung nicht dargestellt; hier ist Solarthermie in jedem Fall besser!]*

Umweltkennwerte für Nutzwärme aus Solarthermie (schlechter / gleich / besser als Benchmark)

Kollektortyp und Anwendung	Platzierung	Primärenergie nicht erneuerbar kWh oil-eq/kWh je Ausrichtung									Treibhausgasemissionen g CO_2-eq/kWh je Ausrichtung								
		horizontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°	horizontal	0° Süd	45°	90° West	135°	180° Nord	-135°	-90° Ost	-45°
Flachkollektor für Warmwasser MFH	Flachdach	0.07	–	–	–	–	–	–	–	–	17	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	0.04	0.05	0.06	0.10	0.13	0.10	0.07	0.05	–	11	11	16	25	33	26	17	12
	Fassade	–	0.07	0.07	0.10	0.15	0.20	0.16	0.12	0.08	–	17	18	26	37	50	41	29	20
Flachkollektor für Warmwasser EFH	Flachdach	0.11	–	–	–	–	–	–	–	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	0.08	0.08	0.11	0.17	0.22	0.18	0.11	0.08	–	21	22	29	47	60	49	31	23
	Fassade	–	0.12	0.12	0.17	0.32	0.46	0.35	0.20	0.13	–	32	32	47	86	125	94	54	36
Flachkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Flachdach	0.13	–	–	–	–	–	–	–	–	34	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	0.08	0.09	0.12	0.22	0.31	0.23	0.13	0.09	–	20	23	32	57	80	60	35	24
	Fassade	–	0.13	0.14	0.21	0.44	0.62	0.49	0.25	0.15	–	33	35	53	114	161	127	64	39
Röhrenkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Flachdach	0.12	–	–	–	–	–	–	–	–	32	–	–	–	–	–	–	–	–
	Schrägdach	–	0.07	0.08	0.12	0.20	0.26	0.20	0.12	0.09	–	19	22	30	51	67	53	33	23
	Fassade	–	0.11	0.13	0.19	0.35	0.45	0.37	0.21	0.14	–	29	33	48	92	117	96	55	36
«Benchmark» (Vergleichsgrösse) Warmwasser / Raumheizung und WW Wärmepumpe an PV-Strom		variabel									variabel								

Berechnung Benchmarks für Nutzwärme, erzeugt mit Wärmepumpe an PV-Strom: Umweltkennwerte Strom ÷ Jahresarbeitszahl Wärmepumpe (JAZ)
Umweltkennwerte Strom aus Photovoltaik: Eigene Berechnung für monokristalline Siliziummodule, siehe «Vergleich: Photovoltaik vs. Netzstrom»
JAZ Warmwasser: 2.0 (wegen hoher erforderlicher Temperaturen für Warmwasser)
JAZ Raumwärme und Warmwasser: 3.0 (Mittelwert aus JAZ 2.0 für Warmwasser und JAZ 4.0 für Raumwärme)

Beispiel Flachkollektor Warmwasser MFH Flachdach: Primärenergie n.e. 22.3 kWh oil-eq/(m²×a) ÷ Ertrag 340 kWh/(m²×a) = Kennwert 0.07 kWh oil-eq/kWh Nutzwärme.
Dies ist besser als der Benchmark (Primärenergie n.e. 0.18 kWh oil-eq/kWh PV-Strom ÷ Jahresarbeitszahl Wärmepumpe 2.0 = 0.09 kWh oil-eq/kWh Nutzwärme).
Speicherung und Verteilung bleiben hier unberücksichtigt (Erstellung und Effizienzverluste), ebenso die graue Energie / grauen Emissionen der Wärmepumpe.

KBOB ÖKOBILANZDATEN (STAND MÄRZ 2022, AUSZUG)

Karin Sander, XML-SVG/ Sourcecode, Datascape Laboral, 2014, Foto: ©Marcos Morilla

Ökobilanzdaten im Baubereich KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022

••• AUSZUG •••
gelb unterlegt: Fokus auf Kennwerte im Kontext Architektur und Entwurf
Professur Annette Gigon / Mike Guyer, D-ARCH, ETH Zürich, zum Herbstsemester 2022

Die Ökobilanz-Kennwerte wurden mit aktualisierten Hintergrunddaten (UVEK Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2022) gerechnet. Neu werden in der Excel-Datei die Indikatoren "Primärenergie, stofflich genutzt" (differenziert nach erneuerbar und nicht erneuerbar) sowie der Gehalt an biogenem Kohlenstoff (in kg C) aufgeführt. Zudem wurden die Sachbilanzen einzelner Baumaterialien (Durchschnitt und herstellerspezifische), Gebäudetechnikelemente, Energiesysteme, Transportsysteme und Entsorgung aktualisiert beziehungsweise neu hinzugefügt.

Legende:
schwarz:
aktualisierte Hintergrunddaten (Sachbilanzdaten unverändert)
rot:
- Zahlen in rot: Sachbilanz- und Hintergrunddaten bei bestehenden Datensätzen aktualisiert (z.B. ID-Nr. 00.001)
- ganze Zeile rot: Datensatz neu in die KBOB-Empfehlung 2009/1:2022 aufgenommen (z.B. ID-Nr. 03.021)
blau schattiert (nur in der Excel-Datei verfügbar):
hersteller- oder herstellerregionenspezifische Datensätze

Sortierkriterien für die KBOB-Ökobilanzdaten 2022:
1. Gruppe gemäss vorderem Teil der ID-Nummer (z.B. ID-Nr. 06.xxx)
2. innerhalb Gruppe alphabetisch nach Name in deutscher Sprache

Auf www.kbob.ch > Publikationen > Nachhaltiges Bauen, sind zwei Dateien platziert:

Die pdf-Datei «Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2022» soll den Planenden den Einstieg in diese Thematik erleichtern. Sie enthält für die Schweiz repräsentative Daten für Baumaterialien und Gebäudetechnik (Herstellung, Entsorgung), Energie sowie Transporte (Betrieb, Fahrzeug, Infrastruktur).

Die Excel-Datei «Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2022» enthält zusätzlich die Ergebnisse des Indikators "Primärenergie, gesamt", "Primärenergie, gesamt, stofflich genutzt", "Primärenergie, erneuerbar, stofflich genutzt", Primärenergie, nicht erneuerbar, stofflich genutzt", "biogener Kohlenstoff im Produkt", herstellerspezifische Daten sowie die Daten zu den bauspezifischen Entsorgungsprozessen. Die Excel-Datei stellt ein Arbeitsinstrument dar.

Gesamtbewertung	**Teilbewertung**			
UBP'21	**Primärenergie (PE)**		**Treibhausgasemissionen (THG-E)**	**biogener Kohlenstoffgehalt**
	erneuerbar	**nicht erneuerbar (Graue Energie)**		
Die Umweltbelastungspunkte 2021 (UBP'21) gemäss der Methode der ökologischen Knappheit quantifizieren die Umweltbelastungen durch die Nutzung von Energie- und stofflichen Ressourcen, von Land und Süsswasser, durch Emissionen in Luft, Gewässer und Boden, durch die Ablagerung von Rückständen aus der Abfallbehandlung sowie durch Verkehrslärm.	Die erneuerbare Primärenergie quantifiziert den kumulierten Energieaufwand der erneuerbaren Energieträger. Die erneuerbaren Energieträger umfassen Wasserkraft, Holz / Biomasse (ohne Kahlschlag von Primärwäldern), Sonnen-, Wind-, geothermische Energie und Umgebungswärme. Primärenergie erneuerbar und nicht erneuerbar bilden addiert die Primärenergie gesamt. Stofflich und energetisch genutzte Primärenergie werden separat ausgewiesen (in der Excel-Version).	Die nicht erneuerbare Primärenergie (Graue Energie) quantifiziert den kumulierten Energieaufwand der fossilen und nuklearen Energieträger sowie Holz aus Kahlschlag von Primärwäldern. Primärenergie erneuerbar und nicht erneuerbar bilden addiert die Primärenergie gesamt. Stofflich und energetisch genutzte Primärenergie werden separat ausgewiesen (in der Excel-Version).	Die Treibhausgasemissionen quantifizieren die kumulierten Wirkungen verschiedener Treibhausgase bezogen auf die Leitsubstanz CO_2. Die Treibhauswirkung wird auf Basis der Treibhauspotenziale des 5. Sachstandberichts des IPCC (2013) quantifiziert. Biogenes CO_2 wird als nicht klimawirksam betrachtet. Sein Treibhauspotenzial ist 0 kg CO_2-eq/kg. Von Verkehrsflugzeugen emittiertes CO_2 hat ein Treibhauspotenzial von 2.5 kg CO_2-eq/kg (RFI-Faktor 2.5).	Der biogene Kohlenstoffgehalt quantifiziert den in den Baumaterialien und Bauelementen (z.B. Fensterrahmen) enthaltenen biogenen Kohlenstoff, ausgedrückt in "kg C".
Die Umweltauswirkungen der Teilbewertungen sind in der Gesamtbewertung UBP enthalten.	Diese Kenngrösse ist Teil der Betrachtung gemäss 2000 Watt Gesellschaft. Mit der Summe aus Primärenergie erneuerbar und nicht erneuerbar wird die dem Gebäude zugeführte Energiemenge (Endenergie) gemäss Merkblatt SIA 2031 «Energieausweis für Gebäude» bewertet.	Mit dieser Kenngrösse wird die Bezugsgrösse gemäss Merkblatt SIA 2032 «Graue Energie von Gebäuden» und gemäss Merkblatt SIA 2040 „SIA-Effizienzpfad Gebäude“ bewertet.	Mit dieser Kenngrösse werden die dem Gebäude zugeführte Energiemenge gemäss Merkblatt SIA 2031 «Energieausweis für Gebäude», die Bezugsgrösse gemäss Merkblatt SIA 2032 «Graue Energie von Gebäuden» sowie der Energieverbrauch gemäss Merkblatt SIA 2040 «SIA-Effizienzpfad Energie» bewertet.	Mit dieser Kenngrösse wird der in Holz, Stroh und weiteren nachwachsenden Rohstoffen enhaltene Kohlenstoff quantifiziert. Diese Kenngrösse basiert auf der europäischen Norm EN 15804:2012+A2:2019 zu den Grundregeln von Umweltproduktdeklarationen für die Produktkategorie Baumaterialien.
Die Beurteilung mit den Ökofaktoren Schweiz 2021 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit zeigt in Umweltbelastungspunkten (UBP'21) ein vollständiges Bild der Umweltauswirkungen auf und basiert auf der Schweizerischen Umweltpolitik. Sie entspricht den Anforderungen eines „true and fair view“ bezüglich Umweltinformationen.		**Die nicht erneuerbare Primärenergie (Graue Energie) ist ein im Baubereich etablierter Kennwert. Die Instrumente des Vereins ecobau (ecoDevis, ecoBKP-Merkblätter, ecoProdukte) sowie die Tools für die Berechnung der Erstellungsenergie für das Gebäudelabel Minergie-ECO stützen sich für eine gesamtheitliche Beurteilung neben zusätzlichen ökologischen Merkmalen auf diese Teilbewertung ab.**	**Die in dieser Empfehlung ausgewiesenen Treibhausgasemissionen sind ein Kennwert für die Klimaerwärmung. Sie sind nicht gleichbedeutend mit dem standortgebundenen CO_2-Ausstoss, welcher Gegenstand von Zielvereinbarungen zwischen Emittenten und der Eidgenossenschaft im Rahmen des CO_2-Gesetzes ist.**	**Der in dieser Empfehlung ausgewiesene biogene Kohlenstoffgehalt ist ein Kennwert für die Menge der in Gebäuden verbauten Baumaterialien auf Basis nachwachsender Rohstoffe.**

Ökobilanzen basieren auf Modellen, die von Wertvorstellungen geprägt sind. Somit sind die Ergebnisse nicht wertfrei. In dieser Empfehlung wurde für alle Materialien dieselbe Modellierungsmethode verwendet.
Werden andere Modellierungsmethoden verwendet, können die Ergebnisse anders aussehen.
Diese Informationen stammen aus zuverlässigen Quellen. Die Autoren oder ihre Organisationen lehnen jedoch jegliche Haftung für Schäden oder Verluste ab, die durch die Verwendung dieser Angaben entstehen könnten.
Die Verantwortung für die Nutzung der Informationen liegt ausschliesslich bei den sie Verwendenden

	Ökobilanzdaten im Baubereich			KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022																
ID-Nummer	BAUMATERIALIEN	Rohdichte/ Flächen-masse	Bezug	UBP'21			Primärenergie										Treibhausgas-emissionen			Biogener Kohlenstoff
				UBP			erneuerbar					nicht erneuerbar (Graue Energie)								
				Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung total	Herstellung energetisch genutzt	Herstellung stofflich genutzt	Entsorgung	Total	Herstellung total	Herstellung energetisch genutzt	Herstellung stofflich genutzt	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	im Produkt enthalten
				UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO_2-eq	kg CO_2-eq	kg CO_2-eq	kg C
00	**Vorbereitungsarbeiten**	-																		
00.001	Baugrubensicherung, Bohrpfahlwand, gespriesst	-	m^2	1'390'000	1'230'000	169'000	134	125	125	0	9.15	2'230	1'980	1'980	0	249	911	850	61.1	0
00.002	Baugrubensicherung, Bohrpfahlwand, unverankert	-	m^2	1'320'000	1'160'000	169'000	120	110	110	0	9.15	2'040	1'800	1'800	0	249	872	810	61.1	0
00.003	Baugrubensicherung, Bohrpfahlwand, verankert	-	m^2	1'000'000	889'000	111'000	111	105	105	0	6.04	1'570	1'410	1'410	0	164	620	579	40.4	0
00.004	Baugrubensicherung, Nagelwand	-	m^2	222'000	198'000	24'500	24.3	23.0	23.0	0	1.33	336	300	300	0	36.1	140	131	8.87	0
00.005	Baugrubensicherung, Rühlwand, auskragend	-	m^2	447'000	407'000	39'300	108	106	106	0	2.15	886	828	828	0	57.9	276	262	14.4	0
00.006	Baugrubensicherung, Rühlwand, gespriesst	-	m^2	317'000	294'000	23'000	47.3	46.1	46.1	0	1.25	651	617	617	0	33.9	193	185	8.34	0
00.007	Baugrubensicherung, Rühlwand, verankert	-	m^2	340'000	313'000	26'600	46.5	45.1	45.1	0	1.44	665	626	626	0	39.2	208	199	9.63	0
00.008	Baugrubensicherung, Schlitzwand, 400 mm	-	m^2	913'000	828'000	84'800	96.2	91.6	91.6	0	4.60	1'320	1'190	1'190	0	125	497	467	30.6	0
00.009	Baugrubensicherung, Schlitzwand, 800 mm	-	m^2	1'650'000	1'480'000	167'000	182	173	173	0	9.07	2'400	2'150	2'150	0	246	957	897	60.4	0
00.010	Baugrubensicherung, Spundwand, auskragend	-	m^2	289'000	287'000	1'710	44.4	44.3	44.3	0	0.089	733	729	729	0	4.18	170	169	1.07	0
00.011	Baugrubensicherung, Spundwand, gespriesst	-	m^2	163'000	162'000	935	24.4	24.4	24.4	0	0.048	413	411	411	0	2.29	96.3	95.7	0.585	0
00.012	Baugrubensicherung, Spundwand, verankert	-	m^2	327'000	321'000	5'500	53.7	53.4	53.4	0	0.294	800	789	789	0	10.0	190	188	2.52	0
00.013	Tiefgründung, Mikrobohrpfahl	-	m	59'800	59'800	0	8.68	8.68	8.68	0	0	118	118	118	0	0	35.4	35.4	0	0
00.014	Tiefgründung, Ortbetonbohrpfahl, 700 mm	-	m	296'000	296'000	0	30.4	30.4	30.4	0	0	411	411	411	0	0	184	184	0	0
00.015	Tiefgründung, Ortbetonbohrpfahl, 900 mm	-	m	435'000	435'000	0	46.9	46.9	46.9	0	0	572	572	572	0	0	275	275	0	0
00.016	Tiefgründung, Ortbetonbohrpfahl, 1200 mm	-	m	670'000	670'000	0	74.1	74.1	74.1	0	0	856	856	856	0	0	428	428	0	0
00.017	Tiefgründung, Ortbetonverdrängungspfahl 560/480 mm	-	m	149'000	149'000	0	14.9	14.9	14.9	0	0	246	246	246	0	0	91.0	91.0	0	0
00.018	Tiefgründung, Ortbetonverdrängungspfahl 660/580 mm	-	m	187'000	187'000	0	19.5	19.5	19.5	0	0	296	296	296	0	0	115	115	0	0
00.019	Tiefgründung, Rüttelstopfsäule	-	m	30'900	30'900	0	1.53	1.53	1.53	0	0	28.9	28.9	28.9	0	0	6.82	6.82	0	0
00.020	Tiefgründung, Vorgefertigter Betonpfahl	-	m	51'400	51'400	0	5.62	5.62	5.62	0	0	66.5	66.5	66.5	0	0	32.9	32.9	0	0
00.021	Wasserhaltung, Pumphöhe 2.5 m	-	m^3	21.0	21.0	0	0.022	0.022	0.022	0	0	0.084	0.084	0.084	0	0	0.005	0.005	0	0
00.022	Wasserhaltung, Pumphöhe 5 m	-	m^3	24.6	24.6	0	0.026	0.026	0.026	0	0	0.098	0.098	0.098	0	0	0.006	0.006	0	0
00.023	Wasserhaltung, Pumphöhe 7.5 m	-	m^3	28.6	28.6	0	0.031	0.031	0.031	0	0	0.114	0.114	0.114	0	0	0.007	0.007	0	0
00.024	Wasserhaltung, Pumphöhe 10 m	-	m^3	32.9	32.9	0	0.035	0.035	0.035	0	0	0.132	0.132	0.132	0	0	0.008	0.008	0	0
01	**Beton**	**kg/m³**																		
01.001	Magerbeton (ohne Bewehrung)	2'150	kg	105	68.9	35.6	0.010	0.008	0.008	0	0.002	0.129	0.077	0.077	0	0.052	0.063	0.050	0.013	0
01.002	Hochbaubeton (ohne Bewehrung)	2'300	kg	154	118	35.4	0.015	0.013	0.013	0	0.002	0.175	0.124	0.124	0	0.052	0.101	0.089	0.013	0
01.003	Tiefbaubeton (ohne Bewehrung)	2'350	kg	164	128	35.4	0.016	0.014	0.014	0	0.002	0.189	0.138	0.138	0	0.052	0.109	0.096	0.013	0
01.004	Bohrpfahlbeton (ohne Bewehrung)	2'325	kg	175	139	35.3	0.017	0.015	0.015	0	0.002	0.198	0.146	0.146	0	0.051	0.119	0.107	0.013	0
01.041	Betonfertigteil, hochfester Beton, ab Werk	2'770	kg	589	558	31.2	0.082	0.080	0.080	0	0.002	0.871	0.825	0.825	0	0.046	0.358	0.347	0.011	0
01.042	Betonfertigteil, Normalbeton, ab Werk	2'500	kg	330	296	34.2	0.096	0.095	0.095	0	0.002	0.489	0.439	0.439	0	0.050	0.204	0.191	0.012	0
01.043	Hanfbeton	600	kg	665	663	1.69	0.899	0.899	0.061	0.839	0.000	0.959	0.959	0.959	0	0.000	0.324	0.324	0.000	0.065
Betonsortenrechner: Mit dem Betonsortenrechner (https://treeze.ch/de/rechner) können die Umweltkennwerte von spezifischen Betonen mit verschiedenen Zementtypen und Gesteinskörnungen berechnet werden.																				
02	**Mauersteine**	**kg/m³**																		
02.001	Backstein	900	kg	372	329	42.7	0.080	0.078	0.078	0	0.002	0.788	0.735	0.735	0	0.053	0.267	0.254	0.013	0
02.002	Kalksandstein	1'400	kg	259	216	42.7	0.039	0.037	0.037	0	0.002	0.390	0.337	0.337	0	0.053	0.162	0.149	0.013	0
02.003	Leichtlehmstein	700	kg	354	311	42.7	0.793	0.790	0.790	0	0.002	0.764	0.712	0.712	0	0.053	0.180	0.167	0.013	0
02.004	Leichtzementstein, Blähton	1'200	kg	610	568	42.7	0.055	0.053	0.053	0	0.002	1.43	1.37	1.37	0	0.053	0.429	0.416	0.013	0
02.005	Leichtzementstein, Naturbims	1'200	kg	323	280	42.7	0.036	0.034	0.034	0	0.002	0.364	0.311	0.311	0	0.053	0.213	0.200	0.013	0
02.006	Porenbetonstein	500	kg	574	531	42.7	0.070	0.067	0.067	0	0.002	0.860	0.807	0.807	0	0.053	0.427	0.414	0.013	0
02.007	Zementstein	1'700	kg	215	172	42.7	0.026	0.024	0.024	0	0.002	0.226	0.173	0.173	0	0.053	0.127	0.114	0.013	0
03	**Andere Massivbaustoffe**	**kg/m³**																		
03.021	Betongranulat	2'500	kg	43.6	3.18	40.4	0.004	0.001	0.001	0	0.002	0.062	0.009	0.009	0	0.053	0.014	0.001	0.013	0
03.001	Betonziegel	2'300	kg	327	284	42.7	0.037	0.035	0.035	0	0.002	0.469	0.416	0.416	0	0.053	0.209	0.196	0.013	0
03.002	Faserzement-Dachschindel	1'800	kg	1'100	1'040	68.0	0.490	0.489	0.489	0	0.002	2.16	2.11	2.11	0	0.053	0.700	0.687	0.013	0
03.003	Faserzementplatte gross	1'800	kg	1'520	1'450	68.0	0.614	0.613	0.613	0	0.002	2.93	2.87	2.87	0	0.053	1.04	1.02	0.013	0
03.004	Faserzement-Wellplatte	1'800	kg	1'060	992	68.0	0.552	0.550	0.550	0	0.002	1.78	1.73	1.73	0	0.053	0.650	0.636	0.013	0
03.005	Flachglas beschichtet	2'500	kg	2'000	1'930	69.2	0.255	0.243	0.243	0	0.012	4.64	4.53	4.53	0	0.109	1.20	1.19	0.019	0
03.006	Flachglas unbeschichtet	2'500	kg	1'790	1'720	69.2	0.139	0.127	0.127	0	0.012	4.08	3.97	3.97	0	0.109	1.14	1.12	0.019	0
03.007	Gipsfaserplatte	1'200	kg	875	803	71.8	0.098	0.094	0.094	0	0.004	2.47	2.40	2.40	0	0.079	0.553	0.534	0.019	0.045
03.008	Gipskartonplatte	850	kg	525	453	72.1	0.089	0.085	0.085	0	0.004	1.33	1.26	1.26	0	0.078	0.302	0.283	0.019	0.018
03.016	Gips-Wandbauplatte / Vollgipsplatte	1'000	kg	531	459	71.7	0.032	0.028	0.028	0	0.004	1.45	1.37	1.37	0	0.079	0.317	0.298	0.019	0
03.009	Hartsandsteinplatte	2'500	kg	113	70.0	42.7	0.045	0.043	0.043	0	0.002	0.276	0.223	0.223	0	0.053	0.041	0.028	0.013	0
03.017	Kalksteinplatte	2'500	kg	141	98.3	42.7	0.026	0.024	0.024	0	0.002	0.339	0.286	0.286	0	0.053	0.074	0.061	0.013	0
03.010	Keramik-/Steinzeugplatte	2'600	kg	4'110	4'060	42.7	0.208	0.206	0.206	0	0.002	3.73	3.67	3.67	0	0.053	0.796	0.783	0.013	0
03.011	Kies gebrochen	2'000	kg	65.2	24.8	40.4	0.008	0.005	0.005	0	0.002	0.085	0.032	0.032	0	0.053	0.018	0.005	0.013	0
03.022	Mischgranulat	2'400	kg	41.3	0.829	40.4	0.002	0.000	0.000	0	0.002	0.053	0.000	0.000	0	0.053	0.014	0.001	0.013	0
03.012	Rundkies	2'000	kg	59.7	19.3	40.4	0.004	0.002	0.002	0	0.002	0.069	0.016	0.016	0	0.053	0.016	0.003	0.013	0
03.013	Sand	2'000	kg	59.7	19.3	40.4	0.004	0.002	0.002	0	0.002	0.069	0.016	0.016	0	0.053	0.016	0.003	0.013	0
03.014	Sanitärkeramik	2'000	kg	4'690	4'650	42.7	0.355	0.353	0.353	0	0.002	11.1	11.1	11.1	0	0.053	2.38	2.37	0.013	0
03.020	Stampflehm	2'000	kg	80.1	32.0	48.2	0.005	0.005	0.005	0	0.000	0.080	0.075	0.075	0	0.005	0.019	0.018	0.001	0
03.015	Tonziegel	1'700	kg	515	480	35.9	0.035	0.033	0.033	0	0.002	1.12	1.06	1.06	0	0.052	0.386	0.373	0.013	0

ID-Nummer	Ökobilanzdaten im Baubereich	Rohdichte/ Flächen-masse	Bezug	KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022																	
				UBP'21			Primärenergie											Treibhausgas-emissionen			Biogener Kohlenstoff
				UBP			erneuerbar					nicht erneuerbar (Graue Energie)									
	BAUMATERIALIEN			Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung total	Herstellung energetisch genutzt	Herstellung stofflich genutzt	Entsorgung	Total	Herstellung total	Herstellung energetisch genutzt	Herstellung stofflich genutzt	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	im Produkt enthalten
				UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO_2-eq	kg CO_2-eq	kg CO_2-eq	kg C
04	**Mörtel und Putze**	**kg/m³**																		
04.008	Baukleber/Einbettmörtel mineralisch	1'400	kg	**634**	591	42.7	**0.173**	0.171	0.171	0	0.002	**1.53**	1.47	1.47	0	0.053	**0.406**	0.393	0.013	0
04.010	Baukleber/Einbettmörtel mineralisch Leichtzuschlag	1'100	kg	**639**	596	42.7	**0.153**	0.150	0.150	0	0.002	**1.61**	1.56	1.56	0	0.053	**0.427**	0.414	0.013	0
04.002	Baukleber/Einbettmörtel organisch	1'670	kg	**1'400**	1'350	42.7	**0.161**	0.159	0.159	0	0.002	**4.15**	4.10	4.10	0	0.053	**0.779**	0.766	0.013	0
04.017	Gips-Kalk-Putz	925	kg	**251**	209	42.7	**0.065**	0.063	0.063	0	0.002	**0.675**	0.622	0.622	0	0.053	**0.158**	0.145	0.013	0
04.001	Gips-/Weissputz	1'100	kg	**242**	199	42.7	**0.063**	0.061	0.061	0	0.002	**0.681**	0.628	0.628	0	0.053	**0.151**	0.138	0.013	0
04.003	Kunststoffputz (Dispersionsputz)	1'540	kg	**1'740**	1'700	42.7	**0.236**	0.234	0.234	0	0.002	**5.20**	5.15	4.37	0.779	0.053	**0.972**	0.959	0.013	0
04.013	Kalk-Zement/Zement-Kalk-Putz	1'550	kg	**396**	354	42.7	**0.135**	0.133	0.133	0	0.002	**0.716**	0.663	0.663	0	0.053	**0.264**	0.251	0.013	0
04.004	Lehmputz	1'800	kg	**96.5**	53.8	42.7	**0.019**	0.017	0.017	0	0.002	**0.173**	0.120	0.120	0	0.053	**0.033**	0.020	0.013	0
04.015	Leichtputz mineralisch	1'000	kg	**575**	533	42.7	**0.163**	0.161	0.161	0	0.002	**1.23**	1.18	1.18	0	0.053	**0.373**	0.360	0.013	0
04.011	Silikatputz (Dispersionssilikatputz)	1'880	kg	**1'880**	1'840	42.7	**0.275**	0.273	0.273	0	0.002	**5.49**	5.44	5.44	0	0.053	**1.08**	1.07	0.013	0
04.012	Silikonharzputz	1'670	kg	**2'010**	1'970	42.7	**0.358**	0.355	0.355	0	0.002	**6.09**	6.04	6.04	0	0.053	**1.14**	1.13	0.013	0
04.016	Sumpfkalkputz	1'350	kg	**747**	704	42.7	**0.129**	0.127	0.127	0	0.002	**1.77**	1.72	1.72	0	0.053	**0.511**	0.498	0.013	0
04.005	Unterlagsboden Anhydrit, 60 mm	2'000	kg	**216**	173	42.7	**0.032**	0.030	0.030	0	0.002	**0.430**	0.377	0.377	0	0.053	**0.092**	0.079	0.013	0
04.006	Unterlagsboden Zement, 85 mm	1'850	kg	**206**	163	42.7	**0.036**	0.034	0.034	0	0.002	**0.232**	0.179	0.179	0	0.053	**0.120**	0.108	0.013	0
04.007	Wärmedämmputz EPS	250	kg	**965**	922	42.7	**0.149**	0.147	0.147	0	0.002	**1.79**	1.74	1.31	0.424	0.053	**0.727**	0.715	0.013	0
04.014	Weisszementputz	1'550	kg	**508**	465	42.7	**0.139**	0.137	0.137	0	0.002	**0.902**	0.849	0.849	0	0.053	**0.354**	0.341	0.013	0
04.009	Zementputz	1'550	kg	**392**	349	42.7	**0.127**	0.125	0.125	0	0.002	**0.655**	0.602	0.602	0	0.053	**0.261**	0.249	0.013	0
05	**Fenster, Sonnenschutz, Fassadenverkleidungen**	**kg/m²**																		
05.008	Fassade, Pfosten-Riegel, Alu/Glas [1]	-	m^2	**349'000**	334'000	15'500	**74.3**	73.8	73.8	0	0.481	**723**	718	718	0	5.24	**193**	180	13.1	0
05.022	Fassadenplatte, Aluverbund, 4 mm	7.1	m^2	**74'900**	66'700	8'270	**23.9**	23.8	23.8	0	0.050	**192**	192	192	0	0.874	**43.4**	35.7	7.65	0
05.023	Fassadenplatte, Hochdrucklaminatplatte (HPL), 8.1 mm	11.6	m^2	**73'400**	58'400	15'000	**83.7**	83.5	46.7	36.7	0.202	**198**	195	168	26.5	3.07	**46.0**	33.4	12.6	3.28
05.025	Fassadenplatte, Kalkstein, 30 mm	78	m^2	**11'000**	7'670	3'330	**2.04**	1.87	1.87	0	0.171	**26.4**	22.3	22.3	0	4.12	**5.75**	4.75	1.00	0
05.024	Fassadenplatte, Kunststoff glasfaserverstärkt (GFK), 1.6 mm	2.4	m^2	**31'700**	25'700	6'010	**3.55**	3.52	3.52	0	0.029	**75.4**	74.8	65.8	9.02	0.657	**22.2**	16.6	5.51	0
05.004	Fensterrahmen Aluminium [2]	-	m^2	**247'000**	230'000	16'200	**77.1**	77.0	77.0	0	0.105	**554**	552	552	0	1.99	**133**	118	14.9	0
05.005	Fensterrahmen Holz [2]	-	m^2	**78'000**	70'800	7'130	**190**	190	104	85.7	0.037	**172**	170	160	9.80	2.01	**36.4**	30.5	5.89	7.50
05.006	Fensterrahmen Holz-Metall [2]	-	m^2	**134'000**	126'000	8'240	**179**	179	107	71.4	0.038	**300**	298	286	12.2	1.91	**65.9**	58.8	7.12	6.25
05.007	Fensterrahmen Kunststoff/PVC [2]	-	m^2	**115'000**	103'000	11'800	**15.4**	14.9	14.9	0	0.485	**328**	323	242	81.1	5.32	**63.5**	53.3	10.2	0
05.001	Isolierverglasung 2-fach, Ug-Wert 1.1 W/m^2K, Dicke 24 mm [3]	-	m^2	**70'800**	65'900	4'910	**10.3**	9.98	9.98	0	0.272	**167**	165	165	0	2.67	**44.4**	40.8	3.61	0
05.009	Isolierverglasung 2-fach, Ug-Wert 1.1 W/m^2K, Dicke 18 mm [3]	-	m^2	**79'000**	74'900	4'100	**12.8**	12.6	12.6	0	0.267	**195**	192	192	0	2.58	**48.6**	45.8	2.85	0
05.010	Isolierverglasung 2-fach, ESG, Ug-Wert 1.1 W/m^2K [3]	-	m^2	**87'100**	82'200	4'910	**18.5**	18.2	18.2	0	0.272	**216**	214	214	0	2.67	**52.2**	48.5	3.61	0
05.002	Isolierverglasung 2-fach, VSG, Ug-Wert 1.1 W/m^2K [3]	-	m^2	**128'000**	120'000	8'740	**21.2**	20.7	20.7	0	0.416	**324**	320	320	0	4.14	**79.4**	72.7	6.68	0
05.011	Isolierverglasung 2-fach, ESG/VSG, Ug-Wert 1.1 W/m^2K [3]	-	m^2	**145'000**	136'000	8'740	**29.4**	29.0	29.0	0	0.416	**373**	369	369	0	4.14	**87.2**	80.5	6.68	0
05.003	Isolierverglasung 3-fach, Ug-Wert 0.5 W/m^2K, Dicke 36 mm [3]	-	m^2	**128'000**	121'000	6'840	**22.6**	22.1	22.1	0	0.404	**320**	316	316	0	3.95	**78.4**	73.4	4.92	0
05.012	Isolierverglasung 3-fach, Ug-Wert 0.6 W/m^2K, Dicke 40 mm [3]	-	m^2	**110'000**	103'000	7'690	**16.1**	15.7	15.7	0	0.410	**255**	251	251	0	4.03	**67.9**	62.2	5.71	0
05.013	Isolierverglasung 3-fach, ESG/ESG, Ug-Wert 0.6 W/m^2K [3]	-	m^2	**143'000**	135'000	7'690	**32.7**	32.3	32.3	0	0.410	**353**	349	349	0	4.03	**83.4**	77.7	5.71	0
05.014	Isolierverglasung 3-fach, ESG/ESG/ESG, Ug-Wert 0.6 W/m^2K [3]	-	m^2	**159'000**	151'000	7'690	**40.9**	40.5	40.5	0	0.410	**402**	398	398	0	4.03	**91.2**	85.5	5.71	0
05.015	Isolierverglasung 3-fach, VSG, Ug-Wert 0.6 W/m^2K [3]	-	m^2	**168'000**	156'000	11'500	**26.9**	26.3	26.3	0	0.554	**412**	406	406	0	5.50	**103**	94.2	8.79	0
05.016	Isolierverglasung 3-fach, ESG/VSG, Ug-Wert 0.6 W/m^2K [3]	-	m^2	**186'000**	174'000	11'500	**35.4**	34.9	34.9	0	0.554	**465**	459	459	0	5.50	**112**	103	8.79	0
05.020	Putzträgerplatte kunstharzgebunden 13 mm	6.3	m^2	**16'700**	16'400	269	**3.58**	3.57	3.57	0	0.014	**44.3**	44.0	44.0	0	0.333	**8.12**	8.04	0.081	0
05.021	Putzträgerplatte mineralisch gebunden 12.5 mm	14.4	m^2	**9'940**	9'320	615	**2.44**	2.40	2.40	0	0.032	**19.1**	18.3	18.3	0	0.761	**6.32**	6.13	0.185	0
05.026	Rahmenverbreiterung, PVC	15.0	m^2	**99'800**	66'500	33'300	**41.8**	40.8	32.9	7.87	1.04	**306**	294	206	87.6	12.5	**69.7**	39.6	30.1	0.778
05.027	Rahmenverbreiterung, Spanplatte	17.8	m^2	**43'600**	36'000	7'600	**94.4**	94.2	35.1	59.2	0.121	**124**	121	91.9	28.8	3.53	**26.1**	19.5	6.59	6.68
05.018	Sonnenschutz, Ausstellstoren motorisiert [4]	-	m^2	**151'000**	149'000	2'110	**35.5**	35.4	35.4	0	0.029	**283**	282	278	4.13	0.544	**67.9**	66.0	1.91	0
05.017	Sonnenschutz, Lamellenstoren motorisiert [4]	-	m^2	**133'000**	131'000	1'620	**31.9**	31.9	31.9	0	0.025	**249**	249	249	0	0.435	**60.0**	58.6	1.47	0
05.019	Sonnenschutz, Rollladen motorisiert [4]	-	m^2	**168'000**	167'000	801	**43.9**	43.9	43.9	0	0.021	**314**	313	313	0	0.408	**74.8**	74.1	0.695	0
[1] Bezugsgrösse Fassade: Glas- und Rahmenfläche [2] Bezugsgrösse Fensterrahmen: Maueröffnung [3] Bezugsgrösse Isolierverglasung: Glasfläche [4] Bezugsgrösse Sonnenschutz: Fensterlichtmass																				
Fensterrechner: Mit dem Fensterrechner (https://treeze.ch/de/rechner) können Umweltkennwerte von Fenstern mit projektspezifischen Abmessungen und Eigenschaften berechnet werden.																				
06	**Metallbaustoffe**	**kg/m³**																		
06.001	Aluminiumblech, blank	2'690	kg	**12'500**	12'500	19.9	**5.22**	5.22	5.22	0	0.001	**24.8**	24.8	24.8	0	0.032	**5.59**	5.58	0.008	0
06.002	Aluminiumprofil, blank	2'690	kg	**11'500**	11'400	19.9	**5.24**	5.24	5.24	0	0.001	**25.6**	25.6	25.6	0	0.032	**5.70**	5.69	0.008	0
06.003	Armierungsstahl	7'850	kg	**2'930**	2'910	19.7	**0.422**	0.420	0.420	0	0.002	**4.99**	4.94	4.94	0	0.051	**1.52**	1.50	0.012	0
06.014	Blei	11'340	kg	**3'810**	3'790	19.9	**0.240**	0.240	0.240	0	0.001	**3.84**	3.81	3.81	0	0.032	**1.02**	1.01	0.008	0
06.004	Chromnickelstahlblech 18/8 blank	7'900	kg	**9'710**	9'700	11.2	**2.39**	2.39	2.39	0	0.001	**14.6**	14.5	14.5	0	0.027	**4.12**	4.12	0.007	0
06.005	Chromnickelstahlblech 18/8 verzinnt	7'900	kg	**13'000**	13'000	11.2	**2.65**	2.65	2.65	0	0.001	**22.3**	22.3	22.3	0	0.027	**5.88**	5.88	0.007	0
06.006	Chromstahlblech blank	7'700	kg	**7'080**	7'070	11.2	**0.961**	0.960	0.960	0	0.001	**8.54**	8.51	8.51	0	0.027	**2.74**	2.73	0.007	0
06.007	Chromstahlblech verzinnt	7'700	kg	**10'400**	10'400	11.2	**1.22**	1.22	1.22	0	0.001	**16.2**	16.2	16.2	0	0.027	**4.50**	4.49	0.007	0
06.008	Kupferblech, blank	8'900	kg	**24'500**	24'500	19.9	**1.62**	1.62	1.62	0	0.001	**8.91**	8.88	8.88	0	0.032	**2.21**	2.20	0.008	0
06.009	Messing-/Baubronzeblech	8'300	kg	**25'500**	25'500	19.9	**1.88**	1.88	1.88	0	0.001	**11.1**	11.1	11.1	0	0.032	**2.72**	2.71	0.008	0
06.010	Stahlblech, blank	7'850	kg	**5'270**	5'260	11.2	**0.613**	0.612	0.612	0	0.001	**7.80**	7.78	7.78	0	0.027	**2.80**	2.79	0.007	0
06.011	Stahlblech, verzinkt	7'850	kg	**15'200**	15'200	11.2	**1.38**	1.37	1.37	0	0.001	**15.6**	15.6	15.6	0	0.027	**4.49**	4.49	0.007	0
06.012	Stahlprofil, blank	7'850	kg	**1'300**	1'280	11.2	**0.246**	0.245	0.245	0	0.001	**3.38**	3.35	3.35	0	0.027	**0.738**	0.731	0.007	0
06.013	Titanzinkblech	7'200	kg	**27'800**	27'800	19.9	**2.60**	2.59	2.59	0	0.001	**17.5**	17.4	17.4	0	0.032	**4.03**	4.02	0.008	0

	Ökobilanzdaten im Baubereich			KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022																
ID-Nummer	BAUMATERIALIEN	Rohdichte/ Flächen-masse	Bezug	UBP'21			Primärenergie										Treibhausgas-emissionen			Biogener Kohlenstoff
				UBP			erneuerbar					nicht erneuerbar (Graue Energie)								
				Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung total	Herstellung energetisch genutzt	Herstellung stofflich genutzt	Entsorgung	Total	Herstellung total	Herstellung energetisch genutzt	Herstellung stofflich genutzt	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	im Produkt enthalten
				UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO_2-eq	kg CO_2-eq	kg CO_2-eq	kg C
07	**Holz und Holzwerkstoffe**	**kg/m³**																		
07.001	3- und 5-Schicht Massivholzplatte	453	kg	1'020	935	80.7	13.3	13.2	8.30	4.95	0.006	2.18	2.09	1.75	0.337	0.093	0.471	0.415	0.056	0.433
07.021	Balkenschichtholz	439	kg	792	718	74.2	8.59	8.58	3.49	5.09	0.006	1.56	1.47	1.38	0.097	0.091	0.343	0.294	0.049	0.446
07.003	Brettschichtholz	439	kg	772	698	74.2	8.14	8.13	3.07	5.06	0.006	1.54	1.45	1.30	0.142	0.091	0.336	0.287	0.049	0.446
07.020	Brettsperrholz	436	kg	884	777	107	8.12	8.11	2.99	5.12	0.006	1.82	1.73	1.64	0.089	0.098	0.397	0.317	0.080	0.449
07.022	Furniersperrholz	823	kg	1'980	1'870	107	9.24	9.24	4.72	4.52	0.006	5.08	4.98	4.05	0.933	0.098	1.02	0.944	0.080	0.410
07.004	Hartfaserplatte	955	kg	1'770	1'700	68.8	7.04	7.03	1.85	5.18	0.006	4.13	4.04	3.78	0.260	0.090	1.07	1.03	0.044	0.455
07.005	Holzwolle-Leichtbauplatte, zementgebunden	400	kg	773	687	86.5	2.04	2.03	0.491	1.54	0.010	1.28	1.10	1.10	0	0.171	0.536	0.499	0.036	0.138
07.023	Konstruktionsvollholz	436	kg	691	622	68.8	8.28	8.27	3.13	5.15	0.006	1.25	1.15	1.14	0.011	0.090	0.290	0.245	0.044	0.450
07.008	Massivholz Buche / Eiche, kammergetrocknet, gehobelt	675	kg	438	375	63.3	7.28	7.27	2.32	4.95	0.006	0.664	0.575	0.575	0	0.089	0.153	0.114	0.039	0.451
07.007	Massivholz Buche / Eiche, kammergetrocknet, rau	675	kg	393	330	63.3	7.11	7.11	2.16	4.95	0.006	0.569	0.480	0.480	0	0.089	0.136	0.097	0.039	0.451
07.006	Massivholz Buche / Eiche, luftgetrocknet, rau	705	kg	324	261	63.3	6.21	6.20	1.66	4.54	0.006	0.480	0.390	0.390	0	0.089	0.121	0.082	0.039	0.413
07.011	Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, kammergetr., gehobelt	465	kg	478	415	63.3	6.05	6.04	0.889	5.15	0.006	0.779	0.690	0.690	0	0.089	0.174	0.135	0.039	0.451
07.010	Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, luftgetr., gehobelt	485	kg	402	339	63.3	5.21	5.21	0.484	4.72	0.006	0.674	0.585	0.585	0	0.089	0.157	0.118	0.039	0.413
07.009	Massivholz Fichte / Tanne / Lärche, luftgetrocknet, rau	485	kg	318	255	63.3	4.98	4.97	0.249	4.72	0.006	0.511	0.421	0.421	0	0.089	0.130	0.091	0.039	0.413
07.012	Mitteldichte Faserplatte (MDF), UF-gebunden	685	kg	1'550	1'420	129	5.85	5.84	1.23	4.61	0.006	4.48	4.37	3.20	1.17	0.102	0.956	0.856	0.100	0.396
07.013	OSB Platte, PF-gebunden, Feuchtbereich	605	kg	1'030	925	107	8.26	8.25	3.16	5.09	0.006	2.71	2.61	2.08	0.535	0.098	0.565	0.485	0.080	0.444
07.024	Röhrenspanplatte	272	kg	1'350	1'240	107	6.89	6.88	1.96	4.92	0.006	3.65	3.56	2.91	0.647	0.098	0.815	0.735	0.080	0.429
07.015	Spanplatte, PF-gebunden, Feuchtbereich	640	kg	889	782	107	4.36	4.36	0.778	3.58	0.006	2.56	2.46	1.61	0.856	0.098	0.531	0.451	0.080	0.417
07.016	Spanplatte, UF-gebunden, beschichtet, Trockenbereich	640	kg	1'210	1'090	122	4.69	4.68	1.22	3.46	0.006	3.70	3.60	2.47	1.13	0.099	0.737	0.642	0.095	0.417
07.014	Spanplatte, UF-gebunden, Trockenbereich	640	kg	889	782	107	4.36	4.36	0.778	3.58	0.006	2.56	2.46	1.61	0.856	0.098	0.531	0.451	0.080	0.417
07.018	Sperrholz/Multiplex, PF-gebunden, Feuchtbereich	500	kg	2'880	2'770	107	10.0	10.0	5.90	4.15	0.006	6.95	6.85	6.11	0.741	0.098	1.43	1.35	0.080	0.410
07.017	Sperrholz/Multiplex, UF-gebunden, Trockenbereich	500	kg	2'150	2'040	107	9.99	9.99	5.84	4.15	0.006	4.70	4.61	3.87	0.741	0.098	0.951	0.871	0.080	0.410
08	**Klebstoffe und Fugendichtungsmassen**	**kg/m³**																		
08.001	2-Komponenten Klebstoff	1'500	kg	10'100	9'910	236	0.354	0.352	0.352	0	0.002	24.3	24.2	24.2	0	0.056	4.84	4.65	0.187	0
08.002	Heissbitumen	1'000	kg	2'050	1'810	236	0.066	0.063	0.063	0	0.002	15.0	14.9	3.42	11.5	0.056	1.10	0.911	0.187	0
08.003	Kautschukdichtungsmasse	1'500	kg	6'880	6'640	236	0.288	0.286	0.286	0	0.002	24.4	24.4	16.2	8.14	0.056	2.42	2.24	0.187	0
08.004	Polysulfiddichtungsmasse	1'600	kg	2'890	2'660	236	0.413	0.411	0.411	0	0.002	7.81	7.75	6.51	1.24	0.056	1.72	1.53	0.187	0
08.005	Silicon-Fugenmasse	1'000	kg	4'580	4'340	236	1.86	1.86	1.86	0	0.002	14.5	14.4	6.27	8.14	0.056	2.91	2.72	0.187	0
09	**Dichtungsbahnen und Schutzfolien**	**kg/m³**																		
09.001	Dampfbremse bituminös	1'100	kg	5'230	2'790	2'430	0.661	0.646	0.646	0	0.015	13.5	13.2	5.64	7.57	0.268	3.64	1.31	2.33	0
09.002	Dampfbremse Polyethylen (PE)	920	kg	6'930	4'120	2'810	0.855	0.844	0.844	0	0.011	24.8	24.6	13.4	11.2	0.210	5.42	2.75	2.67	0
09.003	Dichtungsbahn bituminös	1'100	kg	4'360	1'930	2'430	0.271	0.256	0.256	0	0.015	12.3	12.0	4.66	7.37	0.268	3.34	1.01	2.33	0
09.004	Dichtungsbahn Gummi (EPDM)	1'100	kg	8'110	4'870	3'240	0.826	0.813	0.813	0	0.013	24.7	24.5	16.3	8.14	0.225	5.84	2.74	3.10	0
09.005	Dichtungsbahn Polyolefin (FPO)	1'000	kg	7'880	5'070	2'810	0.421	0.410	0.410	0	0.011	23.2	22.9	11.0	11.9	0.210	5.19	2.52	2.67	0
09.006	Kraftpapier	650	kg	3'460	3'250	207	13.0	13.0	8.38	4.61	0.013	7.74	7.56	7.56	0	0.173	1.67	1.62	0.059	0.404
09.007	Polyethylenfolie (PE)	920	kg	6'930	4'120	2'810	0.855	0.844	0.844	0	0.011	24.8	24.6	12.8	11.8	0.210	5.42	2.75	2.67	0
09.008	Polyethylenvlies (PE)	920	kg	7'100	4'290	2'810	0.544	0.533	0.533	0	0.011	26.0	25.7	13.9	11.8	0.210	5.63	2.96	2.67	0
10	**Wärmedämmstoffe**	**kg/m³**																		
10.014	Aerogel-Vlies	150	kg	73'600	73'200	409	12.1	12.1	12.1	0	0.012	230	229	229	0	0.175	48.8	48.5	0.289	0
10.012	Blähperlit	65-140	kg	1'460	1'420	42.7	0.164	0.162	0.162	0	0.002	4.46	4.41	4.41	0	0.053	1.06	1.04	0.013	0
10.011	Blähvermiculit	65-140	kg	690	647	42.7	0.050	0.048	0.048	0	0.002	1.56	1.51	1.51	0	0.053	0.396	0.383	0.013	0
10.016	Flachsfasern	30	kg	2'950	2'570	372	5.97	5.96	0.956	5.00	0.012	5.32	5.17	5.17	0	0.155	1.01	0.777	0.235	0.440
10.017	Flachsfasern, feuerfest	30	kg	3'530	3'160	372	5.47	5.46	0.456	5.00	0.012	7.52	7.36	7.36	0	0.155	1.45	1.22	0.235	0.440
10.001	Glaswolle	20-100	kg	1'960	1'850	116	2.35	2.34	2.34	0	0.011	5.46	5.33	5.33	0	0.133	1.10	1.04	0.060	0
10.002	Korkplatte	120	kg	2'170	2'000	173	7.94	7.92	3.77	4.15	0.012	6.24	6.09	5.09	1.00	0.149	1.11	1.07	0.039	0.496
10.003	Phenolharz (PF)	40	kg	10'000	6'740	3'280	0.598	0.586	0.586	0	0.012	33.5	33.3	26.3	7.00	0.203	7.27	4.17	3.09	0
10.004	Polystyrol expandiert (EPS)	15-40	kg	9'800	6'520	3'280	0.513	0.502	0.502	0	0.012	30.0	29.8	20.6	9.22	0.203	7.60	4.51	3.09	0
10.005	Polystyrol extrudiert (XPS)	30-35	kg	19'700	16'500	3'280	0.655	0.643	0.643	0	0.012	29.4	29.2	20.0	9.22	0.203	14.4	11.3	3.09	0
10.006	Polyurethan (PUR/PIR)	30	kg	10'400	7'500	2'930	0.824	0.807	0.807	0	0.017	30.1	29.5	20.9	8.58	0.683	7.45	4.80	2.65	0
10.007	Schaumglas	100-165	kg	1'760	1'720	42.7	1.88	1.88	1.88	0	0.002	5.17	5.12	5.12	0	0.053	1.19	1.18	0.013	0
10.013	Schaumglasschotter	125-150	kg	499	457	42.7	0.262	0.260	0.260	0	0.002	1.74	1.69	1.69	0	0.053	0.160	0.148	0.013	0
10.008	Steinwolle	32-160	kg	1'790	1'670	116	0.511	0.500	0.500	0	0.011	4.46	4.32	4.32	0	0.133	1.19	1.13	0.060	0
10.015	Strohballenwand	215	kg	586	586	0	4.87	4.87	0.095	4.78	0	0.229	0.229	0.229	0	0	0.096	0.096	0	0.368
10.009	Weichfaserplatte	148	kg	1'400	1'180	228	7.11	7.09	1.92	5.17	0.013	3.43	3.28	2.74	0.530	0.152	0.727	0.634	0.093	0.436
10.010	Zellulosefasern	35-60	kg	558	396	163	0.258	0.245	0.245	0	0.014	1.05	0.883	0.883	0	0.166	0.281	0.210	0.072	0.404
11	**Bodenbeläge**	**kg/m²**																		
11.001	2K-Fliessbelag Industrie (Epoxidharz), 2.25 mm	4.55	m²	41'800	33'500	8'250	1.52	1.44	1.44	0	0.081	65.1	62.8	53.7	9.12	2.27	18.4	11.2	7.24	0
11.002	2K-Fliessbelag Wohnen/Verwaltung (Epoxidharz, PU), 2 mm	3.6	m²	25'800	21'300	4'540	2.05	1.99	1.99	0	0.061	62.0	60.5	58.2	2.31	1.45	13.9	10.0	3.87	0
11.003	Gummigranulat versiegelt, 7.5 mm	8.25	m²	38'800	25'400	13'400	2.53	2.39	2.39	0	0.139	113	110	91.7	18.1	2.74	26.9	14.9	11.9	0
11.004	Gussasphalt, 27.5 mm	63.3	m²	33'800	24'700	9'080	3.40	3.25	3.25	0	0.154	126	120	62.2	58.2	5.42	16.0	14.7	1.23	0
11.005	Hartbeton einschichtig, 27.5 mm	57.8	m²	26'600	24'100	2'470	2.26	2.14	2.14	0	0.127	46.6	43.6	43.6	0	3.05	16.5	15.7	0.741	0
11.006	Hartbeton zweischichtig, 35 mm	73.5	m²	27'300	24'100	3'140	2.29	2.13	2.13	0	0.161	41.9	38.0	38.0	0	3.88	16.4	15.5	0.942	0
11.007	Kautschuk, 2 mm	3.36	m²	24'200	20'400	3'760	9.79	9.72	9.72	0	0.066	60.8	59.8	52.5	7.30	0.930	14.2	11.0	3.19	0
11.008	Keramik-/Steinzeugplatte, 9 mm	18	m²	87'000	73'100	13'800	4.41	3.70	3.70	0	0.709	83.3	66.1	66.1	0	17.1	18.2	14.1	4.15	0
11.009	Kork Fertigparkett, 10.5 mm	7.8	m²	15'600	13'400	2'140	39.1	39.0	7.73	31.3	0.099	45.2	43.8	38.1	5.72	1.37	9.08	7.78	1.30	2.73
11.010	Kork PVC-beschichtet, 3.2 mm	2.7	m²	12'000	7'900	4'060	8.35	8.25	2.56	5.69	0.095	34.7	33.3	28.9	4.37	1.43	8.28	4.76	3.53	0.604
11.011	Korkparkett geölt/versiegelt, 5.3 mm	2.7	m²	5'980	3'840	2'140	12.3	12.2	4.72	7.48	0.099	12.1	10.7	10.7	0	1.37	3.26	1.96	1.30	0.921

ID-Nummer	Ökobilanzdaten im Baubereich	Rohdichte/ Flächen-masse	Bezug	KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022																
				UBP'21			Primärenergie										Treibhausgas-emissionen			Biogener Kohlenstoff
				UBP			erneuerbar					nicht erneuerbar (Graue Energie)								
	BAUMATERIALIEN			Total	Herstellung	Entsorgung	Total	Herstellung total	Herstellung energetisch genutzt	Herstellung stofflich genutzt	Entsorgung	Total	Herstellung total	Herstellung energetisch genutzt	Herstellung stofflich genutzt	Entsorgung	Total	Herstellung	Entsorgung	im Produkt enthalten
				UBP	UBP	UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO_2-eq	kg CO_2-eq	kg CO_2-eq	kg C
11.012	Kunststeinplatte zementgebunden, 10 mm	21.5	m^2	25'900	6'110	19'800	1.76	0.750	0.750	0	1.01	30.5	6.05	6.05	0	24.4	10.4	4.51	5.92	0
11.013	Laminat, 8.5 mm	8.5	m^2	16'600	13'600	2'980	38.2	38.1	2.72	35.4	0.107	42.8	41.3	28.2	13.1	1.46	10.4	8.12	2.30	2.42
11.014	Linoleum, 2.5 mm	2.9	m^2	15'800	15'100	731	19.3	19.2	8.96	10.3	0.036	26.3	25.9	25.9	0	0.440	6.37	5.85	0.517	0.786
11.015	Natursteinplatte geschliffen, 15 mm	40.5	m^2	42'100	40'400	1'730	19.4	19.3	19.3	0	0.089	118	116	116	0	2.14	17.0	16.5	0.519	0
11.018	Parkett 2-Schicht werkversiegelt, 11 mm	6.1	m^2	16'100	15'700	493	87.5	87.5	58.3	29.2	0.037	42.3	41.7	40.6	1.18	0.566	7.83	7.49	0.338	2.69
11.019	Parkett 3-Schicht werkversiegelt, 15 mm	7.9	m^2	18'200	17'600	638	145	145	106	38.8	0.048	40.4	39.7	39.0	0.681	0.732	8.13	7.70	0.438	3.54
11.020	Parkett Mosaik werkversiegelt, 8 mm	5.6	m^2	9'050	8'700	355	89.9	89.9	65.2	24.7	0.034	23.3	22.8	22.8	0	0.499	3.59	3.37	0.219	2.23
11.021	PVC homogen, 2 mm	3.1	m^2	20'600	13'500	7'140	2.22	1.92	1.92	0	0.297	58.2	55.0	46.6	8.43	3.20	14.4	8.17	6.22	0
11.022	Steinholz versiegelt, 16.5 mm	22	m^2	16'400	15'500	940	0.961	0.913	0.913	0	0.048	25.2	24.0	24.0	0	1.16	13.0	12.7	0.282	0
11.023	Synthetische thermoplastische Beläge (TPO), 2 mm	3.4	m^2	20'000	9'520	10'500	3.17	3.14	3.14	0	0.030	43.3	42.6	30.2	12.4	0.642	16.0	5.88	10.1	0
11.024	Teppich Kunstfaser getuftet	2.1	m^2	21'200	14'700	6'470	0.585	0.566	0.566	0	0.019	50.0	49.6	38.3	11.3	0.396	16.7	10.5	6.25	0
11.025	Teppich Nadelfilz	1.3	m^2	12'700	8'700	4'010	0.596	0.584	0.584	0	0.012	34.3	34.0	23.6	10.4	0.245	9.85	5.98	3.87	0
11.026	Teppich Naturfaser	2.7	m^2	15'300	13'200	2'070	10.9	10.8	1.42	9.43	0.024	15.5	15.1	12.8	2.26	0.417	5.08	3.23	1.86	1.01
11.027	Terrazzo versiegelt, 40 mm	95	m^2	28'200	24'200	4'060	4.13	3.92	3.92	0	0.208	40.6	35.6	35.6	0	5.02	17.3	16.1	1.22	0
12	**Türen**	-																		
12.005	Aussentüre, Aluminium, Glaseinsatz	-	m^2	395'000	378'000	17'400	117	116	116	0	0.481	912	906	906	0	5.36	216	201	14.8	0
12.006	Aussentüre, Aluminium, Paneelfüllung	-	m^2	385'000	375'000	10'500	142	142	142	0	0.026	838	837	837	0	0.796	193	183	10.0	0
12.008	Aussentüre, Holz	-	m^2	125'000	116'000	9'290	283	283	102	181	0.138	265	261	234	26.3	4.19	62.3	54.7	7.65	15.5
12.001	Aussentüre, Holz, aluminiumbeplankt	-	m^2	231'000	222'000	9'290	328	328	147	181	0.138	506	502	475	26.3	4.19	116	108	7.65	15.5
12.002	Aussentüre, Holz, Glaseinsatz	-	m^2	161'000	149'000	12'200	246	246	92.6	153	0.316	359	353	331	21.2	6.33	85.9	76.2	9.71	13.0
12.007	Innentüre, Aluminium, Glaseinsatz	-	m^2	316'000	306'000	10'500	103	103	103	0	0.333	723	719	719	0	3.61	166	158	8.71	0
12.009	Innentüre, Funktionstüre, Holz, Holzrahmen	-	m^2	88'000	79'400	8'550	279	279	88.4	191	0.179	190	185	158	27.5	4.89	44.4	37.5	6.87	17.3
12.012	Innentüre, Funktionstüre, Holz, Stahlzarge	-	m^2	181'000	173'000	7'930	231	231	93.3	138	0.171	357	353	326	26.3	4.36	97.0	90.5	6.47	13.7
12.004	Innentüre, Zimmertüre, Holz, Glaseinsatz, Holzrahmen	-	m^2	109'000	100'000	8'900	200	200	72.6	127	0.275	255	250	235	14.9	5.25	59.8	52.9	6.93	11.0
12.011	Innentüre, Zimmertüre, Holz, Glaseinsatz, Stahlzarge	-	m^2	202'000	194'000	8'290	152	152	77.4	74.4	0.266	421	417	403	13.7	4.73	112	106	6.54	7.46
12.003	Innentüre, Zimmertüre, Holz, Holzrahmen	-	m^2	64'600	57'900	6'710	206	206	66.8	139	0.124	141	137	118	18.9	3.46	32.4	27.0	5.40	12.4
12.010	Innentüre, Zimmertüre, Holz, Stahlzarge	-	m^2	158'000	152'000	6'100	158	158	71.7	86.2	0.116	307	304	287	17.7	2.93	85.0	80.0	5.00	8.83
Türrechner: mit dem Türrechner (https://treeze.ch/de/rechner) können Umweltkennwerte von Türen mit projektspezifischen Abmessungen und Eigenschaften berechnet werden.																				
13	**Rohre**	**kg/m³**																		
13.001	Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS)	1'050	kg	9'780	6'790	2'980	0.429	0.408	0.408	0	0.021	30.0	29.2	20.6	8.58	0.741	7.67	4.92	2.75	0
13.005	Gusseisen	7'850	kg	5'670	5'660	11.2	0.268	0.268	0.268	0	0.001	5.48	5.45	5.45	0	0.027	2.10	2.09	0.007	0
13.002	Polyethylen (PE)	960	kg	6'020	3'570	2'450	0.537	0.523	0.523	0	0.014	23.2	23.0	11.1	11.9	0.210	4.75	2.38	2.37	0
13.003	Polypropylen (PP)	910	kg	6'050	3'600	2'450	0.421	0.407	0.407	0	0.014	22.7	22.5	10.6	11.9	0.210	4.78	2.40	2.37	0
13.004	Polyvinylchlorid (PVC)	1'390	kg	6'250	3'880	2'370	0.637	0.536	0.536	0	0.101	19.5	18.4	12.4	6.02	1.10	4.49	2.38	2.10	0
14	**Anstrichstoffe, Beschichtungen**	**kg/m²**																		
14.002	Anstrich, lösemittelverdünnbar, 2 Anstriche	0.300	m^2	2'270	2'200	70.8	0.450	0.449	0.449	0	0.001	6.57	6.56	5.65	0.905	0.017	0.976	0.920	0.056	0
14.001	Anstrich, wasserverdünnbar, 2 Anstriche	0.300	m^2	1'220	1'150	70.8	0.141	0.140	0.140	0	0.001	4.17	4.15	3.25	0.905	0.017	0.702	0.646	0.056	0
14.003	Bitumenemulsion, 1 Anstrich	0.250	m^2	429	370	59.0	0.017	0.016	0.016	0	0.001	1.85	1.84	0.706	1.13	0.014	0.181	0.135	0.047	0
14.004	Emaillieren, Metall	-	m^2	16'400	16'400	0	3.98	3.98	3.98	0	0	43.5	43.5	43.5	0	0	8.12	8.12	0	0
14.005	Pulverbeschichten, Aluminium	-	m^2	6'270	6'270	0	0.576	0.576	0.576	0	0	16.6	16.6	16.6	0	0	3.65	3.65	0	0
14.006	Pulverbeschichten, Stahl	-	m^2	6'760	6'760	0	0.695	0.695	0.695	0	0	21.1	21.1	21.1	0	0	4.39	4.39	0	0
14.007	Verchromen, Stahl	-	m^2	6'320	6'320	0	0.855	0.855	0.855	0	0	4.45	4.45	4.45	0	0	0.612	0.612	0	0
14.008	Verzinken, Stahl	-	m^2	29'500	29'500	0	2.63	2.63	2.63	0	0	25.6	25.6	25.6	0	0	6.10	6.10	0	0
15	**Kunststoffe**	**kg/m³**																		
15.001	Plexiglas (PMMA, Acrylglas)	1'180	kg	14'800	11'700	3'090	0.385	0.371	0.371	0	0.014	40.2	40.0	32.4	7.60	0.211	11.6	8.68	2.92	0
15.002	Polyamid (PA) glasfaserverstärkt	1'360	kg	15'200	12'300	2'920	0.979	0.960	0.960	0	0.020	40.3	39.6	35.6	3.96	0.688	11.5	8.89	2.62	0
15.003	Polycarbonat (PC)	1'200	kg	15'900	12'800	3'090	0.419	0.405	0.405	0	0.014	31.8	31.6	25.6	6.00	0.211	11.4	8.49	2.92	0
15.004	Polyester (UP) glasfaserverstärkt	1'500	kg	13'800	10'700	3'090	1.48	1.47	1.47	0	0.014	31.4	31.2	27.4	3.76	0.211	9.85	6.93	2.92	0
15.005	Polystyrol (PS)	1'050	kg	8'170	4'880	3'290	0.110	0.097	0.097	0	0.013	24.6	24.4	13.6	10.8	0.209	6.73	3.64	3.08	0
21	**Kücheneinbauten und -möbel**	-																		
21.001	Abfalltrennsystem	-	Stk.	35'300	26'600	8'770	16.8	16.7	16.7	0	0.052	113	112	109	3.62	0.877	24.2	16.1	8.13	0
21.002	Arbeitsplatte Chromstahl, high-end	-	m^2	838'000	837'000	715	450	450	450	0	0.037	1'260	1'260	1'260	0	1.75	333	333	0.447	0
21.003	Arbeitsplatte Chromstahl, Standard	-	m^2	137'000	136'000	1'430	88.9	88.8	45.1	43.7	0.082	225	223	213	10.6	1.47	56.9	55.9	1.05	5.09
21.004	Arbeitsplatte Kompositwerkstoff (auf Aluminiumhydroxidbasis)	-	m^2	137'000	116'000	20'800	6.30	6.06	6.06	0	0.235	355	350	297	53.4	4.52	95.6	76.3	19.3	0
21.005	Arbeitsplatte kunstharzbeschichtet	-	m^2	34'300	32'800	1'550	148	148	48.9	99.0	0.079	102	101	75.0	25.8	1.26	20.2	19.0	1.20	11.6
21.006	Arbeitsplatte Massivholz	-	m^2	27'600	26'100	1'490	335	335	206	129	0.142	60.8	58.7	49.8	8.81	2.10	12.6	11.7	0.920	6.36
21.007	Arbeitsplatte Naturstein	-	m^2	159'000	155'000	3'530	71.5	71.4	71.4	0	0.181	356	352	352	0	4.36	41.3	40.3	1.06	0
21.008	Dampfabzug	-	Stk.	357'000	339'000	17'700	69.3	69.3	69.3	0	0.039	598	597	597	0	1.32	151	134	17.1	0
21.009	Küche, Massivholz, 16-teilig	-	Stk.	1'010'000	944'000	62'800	5'040	5'040	3'140	1'900	2.46	1'980	1'940	1'810	129	38.4	471	419	51.4	160
21.010	Küche, Metall, 16-teilig	-	Stk.	6'620'000	6'560'000	54'300	683	683	615	67.3	0.261	10'300	10'300	10'300	0	5.16	2'770	2'720	51.0	3.45
21.011	Küche, Spanplatte, 16-teilig	-	Stk.	1'200'000	1'110'000	91'300	2'530	2'520	599	1'930	3.48	2'870	2'820	2'280	531	56.4	633	558	74.9	223
21.012	Spüle Chromstahl	-	Stk.	110'000	105'000	5'340	40.9	40.8	40.8	0	0.035	214	213	213	0	0.714	48.6	43.7	4.93	0
21.013	Spüle Kompositwerkstoff (auf Gesteinsmehlbasis)	-	Stk.	46'700	46'100	598	16.4	16.4	16.4	0	0.031	144	143	126	16.8	0.740	30.7	30.6	0.179	0
Mobiliarrechner: mit dem Mobiliarrechner können Umweltkennwerte von verschiedenen Möbel berechnet werden.																				

	Ökobilanzdaten im Baubereich	KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022													
ID-Nummer	GEBÄUDETECHNIK	Bezug		UBP'21 UBP			Primärenergie erneuerbar			Primärenergie nicht erneuerbar			Treibhausgasemissionen		
		Grösse	Einheit	Total UBP	Herstellung UBP	Entsorgung UBP	Total kWh oil-eq	Herstellung kWh oil-eq	Entsorgung kWh oil-eq	Total kWh oil-eq	Herstellung kWh oil-eq	Entsorgung kWh oil-eq	Total kg CO_2-eq	Herstellung kg CO_2-eq	Entsorgung kg CO_2-eq
31	**Heizungsanlagen**														
31.001	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m²	EBF	m²	**1'810**	1'770	36.5	**0.296**	0.295	0.000	**3.17**	3.16	0.007	**0.860**	0.850	0.010
31.002	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m²	EBF	m²	**5'430**	5'320	110	**0.887**	0.886	0.001	**9.51**	9.49	0.021	**2.58**	2.55	0.029
31.003	Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 50 W/m²	EBF	m²	**9'040**	8'860	183	**1.48**	1.48	0.001	**15.8**	15.8	0.035	**4.30**	4.25	0.048
31.027	Elektrospeicherofen 5kW	Masse	kg	**7'080**	6'740	349	**0.969**	0.951	0.018	**10.7**	10.5	0.191	**2.88**	2.59	0.297
31.021	Wärmeverteilung Wohngebäude	EBF	m²	**7'040**	5'640	1'410	**1.54**	1.17	0.366	**13.2**	11.1	2.14	**3.47**	2.77	0.696
31.022	Wärmeverteilung Bürogebäude	EBF	m²	**18'100**	16'100	2'020	**2.77**	2.34	0.430	**29.9**	27.3	2.57	**9.16**	8.07	1.09
31.023	Wärmeabgabe über Heizkörper	EBF	m²	**12'800**	12'100	700	**1.67**	1.66	0.003	**21.1**	21.0	0.027	**6.51**	6.49	0.022
31.024	Wärmeabgabe über Fussbodenheizung	EBF	m²	**7'390**	5'300	2'090	**1.44**	1.44	0.002	**21.9**	21.8	0.087	**5.06**	3.02	2.04
31.025	Wärmeabgabe über Heizkühldecke (ohne Gips- oder Metalldecke)	EBF	m²	**24'400**	24'200	141	**4.39**	4.39	0.002	**25.0**	25.0	0.026	**5.79**	5.66	0.134
31.015	Wärmeverteilung und Abgabe, Luftheizung	EBF	m²	**4'350**	3'730	613	**0.470**	0.470	0.000	**7.57**	7.57	0.004	**2.07**	2.00	0.067
31.016	Erdsonden, für Sole-Wasser-Wärmepumpe	Sondenlänge	m	**85'800**	80'500	5'220	**3.97**	3.69	0.278	**167**	166	1.29	**42.4**	39.9	2.56
31.026	Förder- und Schluckbrunnen für Grundwasser Wärmepumpe	Gerät	Stk.	**952'000**	845'000	107'000	**48.2**	44.1	4.08	**1'790**	1'740	44.9	**664**	568	95.7
31.017	Sole-Wasser Wärmepumpe 7 kW	Gerät	Stk.	**4'690'000**	4'200'000	486'000	**489**	486	3.05	**4'460**	4'430	35.0	**2'400**	1'930	473
31.018	Sole-Wasser Wärmepumpe 7 kW	Masse	kg	**29'700**	26'600	3'080	**3.09**	3.07	0.019	**28.3**	28.0	0.222	**15.2**	12.2	2.99
31.019	Luft-Wasser Wärmepumpe 7 kW	Gerät	Stk.	**7'440'000**	6'600'000	845'000	**1'010**	1'000	4.97	**7'130**	7'080	57.4	**4'000**	3'180	824
31.020	Luft-Wasser Wärmepumpe 7 kW	Masse	kg	**29'100**	25'800	3'300	**3.94**	3.92	0.019	**27.9**	27.6	0.224	**15.6**	12.4	3.22
31.007	Flachkollektor für Warmwasser EFH	Kollektorfläche	m²	**689'000**	689'000	inkl.	**146**	146	inkl.	**1'070**	1'070	inkl.	**290**	290	inkl.
31.008	Flachkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Kollektorfläche	m²	**484'000**	484'000	inkl.	**105**	105	inkl.	**784**	784	inkl.	**204**	204	inkl.
31.009	Flachkollektor für Warmwasser MFH	Kollektorfläche	m²	**412'000**	412'000	inkl.	**81.6**	81.6	inkl.	**668**	668	inkl.	**169**	169	inkl.
31.010	Röhrenkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Kollektorfläche	m²	**494'000**	494'000	inkl.	**103**	103	inkl.	**886**	886	inkl.	**231**	231	inkl.
31.028	Hybridkollektor Schrägdach mit Erdsondenregeneration	Kollektorfläche	m²	**717'000**	717'000	inkl.	**152**	152	inkl.	**1'300**	1'300	inkl.	**344**	344	inkl.
31.029	Hybridkollektor Schrägdach mit Warmwasserspeicher	Kollektorfläche	m²	**771'000**	771'000	inkl.	**167**	167	inkl.	**1'380**	1'380	inkl.	**371**	371	inkl.
32	**Lüftungsanlagen**														
32.011	Lüftungsanlage, spez. Luftmenge 1 m³/hm² EBF	EBF	m²	**34'200**	33'600	592	**4.43**	4.43	0.010	**50.5**	50.4	0.144	**15.0**	14.7	0.339
32.005	Lüftungsanlage, spez. Luftmenge 2 m³/hm² EBF	EBF	m²	**46'100**	45'300	829	**5.96**	5.95	0.013	**68.2**	68.0	0.199	**20.2**	19.7	0.475
32.006	Lüftungsanlage, spez. Luftmenge 4 m³/hm² EBF	EBF	m²	**69'900**	68'600	1'300	**9.01**	8.99	0.020	**104**	103	0.307	**30.6**	29.9	0.749
32.007	Lüftungsanlage, spez. Luftmenge 6 m³/hm² EBF	EBF	m²	**93'800**	92'000	1'780	**12.1**	12.0	0.027	**139**	139	0.416	**41.0**	40.0	1.02
32.012	Lüftungsanlage, spez. Luftmenge 8 m³/hm² EBF	EBF	m²	**118'000**	115'000	2'250	**15.1**	15.1	0.034	**175**	174	0.524	**51.4**	50.1	1.30
32.001	Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft	EBF	m²	**41'700**	41'300	361	**4.22**	4.21	0.005	**50.0**	49.9	0.068	**14.3**	14.0	0.298
32.002	Lüftungsanlage Wohnen, PE-Kanäle, inkl. Küchenabluft	EBF	m²	**21'600**	20'900	782	**2.50**	2.50	0.003	**31.0**	30.9	0.062	**8.40**	7.68	0.723
32.003	Abluftanlage Küche und Bad	EBF	m²	**12'300**	12'100	175	**1.23**	1.23	0.000	**14.5**	14.5	0.008	**4.05**	3.92	0.125
32.004	Erdregister zu Lüftungsanlage Wohnen	EBF	m²	**6'880**	4'600	2'280	**0.600**	0.528	0.071	**15.3**	14.2	1.06	**4.43**	2.81	1.62
32.008	Erdregister kurz zu Lüftungsanlage Büro (0.27 m/m² EBF)	EBF	m²	**11'900**	7'970	3'960	**1.04**	0.916	0.124	**26.5**	24.7	1.84	**7.68**	4.87	2.81
32.009	Erdregister lang zu Lüftungsanlage Büro (0.67 m/m² EBF)	EBF	m²	**29'800**	19'900	9'900	**2.60**	2.29	0.310	**66.3**	61.7	4.61	**19.2**	12.2	7.03
32.010	Einzelraumlüfer Fenstermodell 10-30 m³/h, ohne Montage	Gerät	Stk.	**84'300**	78'200	6'140	**106**	106	0.077	**214**	213	1.34	**43.7**	38.2	5.49
33	**Sanitäranlagen**														
33.001	Sanitäranlagen, Büro, einfach, inkl. Apparate und Leitungen	EBF	m²	**8'490**	7'290	1'200	**1.19**	1.18	0.007	**19.1**	19.0	0.115	**4.73**	3.58	1.15
33.002	Sanitäranlagen, Büro, aufwändig, inkl. Apparate und Leitungen	EBF	m²	**21'000**	17'000	3'950	**3.32**	3.30	0.020	**45.6**	45.1	0.428	**12.3**	8.53	3.76
33.003	Sanitäranlagen, Wohnen, inkl. Apparate und Leitungen	EBF	m²	**26'300**	24'700	1'670	**3.91**	3.88	0.023	**46.1**	45.9	0.284	**12.6**	11.0	1.54
34	**Elektroanlagen**														
34.001	Elektroanlagen Wohnen	EBF	m²	**37'100**	33'500	3'630	**4.69**	4.63	0.061	**54.0**	53.3	0.720	**13.0**	9.57	3.42
34.002	Elektroanlagen Büro	EBF	m²	**83'400**	81'700	1'660	**76.9**	76.8	0.052	**106**	105	0.813	**24.2**	22.7	1.48
34.024	Solarstromanlage[1]	Max. Leistung	kWp	**2'240'000**	2'240'000	inkl.	**417**	417	inkl.	**3'820**	3'820	inkl.	**1'070**	1'070	inkl.
34.025	Solarstromanlage Schrägdach[1]	Max. Leistung	kWp	**2'100'000**	2'100'000	inkl.	**392**	392	inkl.	**3'580**	3'580	inkl.	**1'000**	1'000	inkl.
34.026	Solarstromanlage Flachdach[1]	Max. Leistung	kWp	**2'370'000**	2'370'000	inkl.	**440**	440	inkl.	**4'060**	4'060	inkl.	**1'140**	1'140	inkl.
34.027	Solarstromanlage Fassade[1]	Max. Leistung	kWp	**2'890'000**	2'890'000	inkl.	**490**	490	inkl.	**4'430**	4'430	inkl.	**1'220**	1'220	inkl.
34.028	Solarstromanlage Schrägdach Mono-Si[1]	Max. Leistung	kWp	**2'940'000**	2'940'000	inkl.	**506**	506	inkl.	**4'530**	4'530	inkl.	**1'260**	1'260	inkl.
34.029	Solarstromanlage Schrägdach Multi-Si[1]	Max. Leistung	kWp	**2'990'000**	2'990'000	inkl.	**523**	523	inkl.	**4'560**	4'560	inkl.	**1'250**	1'250	inkl.
34.030	Solarstromanlage Schrägdach CdTe[1]	Max. Leistung	kWp	**2'050'000**	2'050'000	inkl.	**319**	319	inkl.	**3'250**	3'250	inkl.	**794**	794	inkl.
34.031	Solarstromanlage Schrägdach CIS[1]	Max. Leistung	kWp	**2'600'000**	2'600'000	inkl.	**503**	503	inkl.	**4'610**	4'610	inkl.	**1'080**	1'080	inkl.
34.032	Wechselrichter 2.5 kW[1]	Max. Leistung	kWp	**534'000**	534'000	inkl.	**63.1**	63.1	inkl.	**622**	622	inkl.	**144**	144	inkl.
34.033	Wechselrichter 5 kW[1]	Max. Leistung	kWp	**428'000**	428'000	inkl.	**50.5**	50.5	inkl.	**498**	498	inkl.	**116**	116	inkl.
34.034	Wechselrichter 10 kW[1]	Max. Leistung	kWp	**343'000**	343'000	inkl.	**40.5**	40.5	inkl.	**399**	399	inkl.	**92.7**	92.7	inkl.
34.035	Wechselrichter 20 kW[1]	Max. Leistung	kWp	**275'000**	275'000	inkl.	**32.4**	32.4	inkl.	**320**	320	inkl.	**74.3**	74.3	inkl.
34.036	Elektroinstallation, Photovoltaikanlage[1]	Max. Leistung	kWp	**167'000**	167'000	inkl.	**10.2**	10.2	inkl.	**170**	170	inkl.	**42.1**	42.1	inkl.
	[1] Umweltkennwerte «Herstellung» inklusive Umweltbelastung durch Rücknahme und Recycling														

	Ökobilanzdaten im Baubereich	KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022					
ID-Nummer	ENERGIE	Bezug		UBP'21	Primärenergie		Treibhausgas-emissionen
		Grösse	Einheit		erneuerbar	nicht erneuerbar	
				UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO_2-eq
41	**Brennstoffe**[1]						
41.001	Heizöl EL	Endenergie	kWh	409	0.014	1.25	0.324
41.002	Erdgas	Endenergie	kWh	274	0.003	1.05	0.230
41.003	Propan/Butan	Endenergie	kWh	368	0.006	1.21	0.293
41.004	Kohle Koks	Endenergie	kWh	597	0.014	1.43	0.435
41.005	Kohle Brikett	Endenergie	kWh	726	0.009	1.18	0.398
41.006	Stückholz	Endenergie	kWh	175	1.01	0.044	0.023
41.010	Stückholz mit Partikelfilter	Endenergie	kWh	175	1.01	0.044	0.023
41.007	Holzschnitzel	Endenergie	kWh	115	1.03	0.031	0.011
41.011	Holzschnitzel mit Partikelfilter	Endenergie	kWh	115	1.03	0.031	0.011
41.008	Pellets	Endenergie	kWh	111	1.05	0.128	0.028
41.012	Pellets mit Partikelfilter	Endenergie	kWh	111	1.05	0.128	0.028
41.009	Biogas	Endenergie	kWh	155	0.028	0.293	0.124
	[1]Oberer Heizwert						
42	**Fernwärme**						
42.018	Atomkraftwerk	Endenergie	kWh	13.7	0.011	0.059	0.003
42.001	Heizzentrale Oel	Endenergie	kWh	509	0.021	1.56	0.402
42.002	Heizzentrale Gas	Endenergie	kWh	365	0.015	1.40	0.302
42.003	Heizzentrale Holz	Endenergie	kWh	165	1.46	0.145	0.025
42.004	Heizkraftwerk Holz	Endenergie	kWh	82.8	1.19	0.111	0.022
42.006	Heizzentrale EWP Abwasser (JAZ 3.4)	Endenergie	kWh	176	0.183	0.691	0.046
42.007	Heizzentrale EWP Grundwasser (JAZ 3.1)	Endenergie	kWh	208	0.326	0.795	0.056
42.008	Heizzentrale EWP Erdsonde (JAZ 3.1)	Endenergie	kWh	225	0.327	0.829	0.064
42.009	Heizzentrale Geothermie	Endenergie	kWh	88.5	1.26	0.146	0.020
42.010	Heizkraftwerk Geothermie	Endenergie	kWh	63.2	0.432	0.112	0.015
42.011	Kehrichtverbrennung	Endenergie	kWh	11.4	0.011	0.042	0.003
42.012	Blockheizkraftwerk Diesel	Endenergie	kWh	184	0.013	0.534	0.131
42.013	Blockheizkraftwerk Gas	Endenergie	kWh	134	0.012	0.495	0.106
42.014	Blockheizkraftwerk Biogas	Endenergie	kWh	83.4	0.023	0.171	0.061
42.016	Fernwärme Durchschnitt Netze CH	Endenergie	kWh	126	0.490	0.339	0.067
42.017	Fernwärme mit Nutzung Kehrichtwärme, Durchschnitt Netze CH	Endenergie	kWh	126	0.490	0.339	0.067
43	**Nutzwärme**						
43.013	Elektrospeicherofen (Strom CH)	Nutzwärme[2]	kWh	519	0.557	2.09	0.127
43.014	Elektrospeicherofen (Strom CH zertifiziert)	Nutzwärme[2]	kWh	87.0	1.16	0.041	0.017
43.001	Heizkessel Heizöl EL	Nutzwärme[2]	kWh	438	0.011	1.31	0.343
43.002	Heizkessel Erdgas	Nutzwärme[2]	kWh	279	0.003	1.06	0.234
43.003	Heizkessel Propan / Butan	Nutzwärme[2]	kWh	364	0.006	1.20	0.289
43.004	Heizkessel Kohle Koks	Nutzwärme[2]	kWh	886	0.022	1.99	0.643
43.005	Heizkessel Kohle Brikett	Nutzwärme[2]	kWh	1'080	0.014	1.49	0.588
43.006	Heizkessel Stückholz	Nutzwärme[2]	kWh	239	1.35	0.069	0.033
43.010	Heizkessel Stückholz mit Partikelfilter	Nutzwärme[2]	kWh	239	1.35	0.069	0.033
43.007	Heizkessel Holzschnitzel	Nutzwärme[2]	kWh	164	1.33	0.056	0.021
43.011	Heizkessel Holzschnitzel mit Partikelfilter	Nutzwärme[2]	kWh	164	1.33	0.056	0.021
43.008	Heizkessel Pellets	Nutzwärme[2]	kWh	143	1.28	0.166	0.038
43.012	Heizkessel Pellets mit Partikelfilter	Nutzwärme[2]	kWh	143	1.28	0.166	0.038
43.009	Heizkessel Biogas	Nutzwärme[2]	kWh	159	0.029	0.300	0.127
44	**Nutzwärme am Standort erzeugt, inkl. erneuerbare Energien**						
44.001	Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Altbau, JAZ 2.7, Strom CH)	Nutzwärme2	kWh	214	0.837	0.783	0.058
44.012	Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Altbau, JAZ 2.7, Strom CH zertifiziert)	Nutzwärme[2]	kWh	54.5	1.06	0.025	0.017
44.009	Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Neubau, JAZ 4.4, Strom CH)	Nutzwärme[2]	kWh	142	0.901	0.485	0.040
44.015	Elektrowärmepumpe Luft / Wasser (15kW, Neubau, JAZ 4.4, Strom CH zertifiziert)	Nutzwärme[2]	kWh	44.2	1.04	0.020	0.015
44.002	Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH)	Nutzwärme[2]	kWh	195	0.863	0.690	0.054
44.013	Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH zertifiziert)	Nutzwärme[2]	kWh	59.8	1.05	0.051	0.020
44.010	Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH)	Nutzwärme[2]	kWh	132	0.918	0.433	0.039
44.016	Elektrowärmepumpe Erdsonden (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH zertifiziert)	Nutzwärme[2]	kWh	51.0	1.03	0.046	0.018
44.003	Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH)	Nutzwärme[2]	kWh	181	0.918	0.662	0.047
44.014	Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Altbau, JAZ 3.2, Strom CH zertifiziert)	Nutzwärme[2]	kWh	46.4	1.11	0.022	0.013
44.011	Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH)	Nutzwärme[2]	kWh	118	0.917	0.404	0.032
44.017	Elektrowärmepumpe Grundwasser (15kW, Neubau, JAZ 5.3, Strom CH zertifiziert)	Nutzwärme[2]	kWh	37.0	1.03	0.018	0.011

	Ökobilanzdaten im Baubereich			KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022			
ID-Nummer	ENERGIE	Bezug		UBP'21	Primärenergie		Treibhausgas-emissionen
		Grösse	Einheit		erneuerbar	nicht erneuerbar	
				UBP	kWh oil-eq	kWh oil-eq	kg CO_2-eq
44.004	Flachkollektor für Warmwasser EFH	Nutzwärme[2]	kWh	121	1.33	0.244	0.042
44.005	Flachkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Nutzwärme[2]	kWh	110	1.61	0.200	0.038
44.006	Flachkollektor für Warmwasser MFH	Nutzwärme[2]	kWh	50.0	1.15	0.079	0.015
44.007	Röhrenkollektor für Raumheizung und Warmwasser EFH	Nutzwärme[2]	kWh	93.7	1.54	0.177	0.035
44.008	Kleinblockheizkraftwerk, Erdgas	Nutzwärme[2]	kWh	131	0.002	0.470	0.107
44.018	Solarthermieanlage Schrägdach mit Erdsondenregeneration	Nutzwärme[2]	kWh	39.1	1.14	0.058	0.014
44.019	Solarthermieanlage Schrägdach mit Warmwasserspeicher	Nutzwärme[2]	kWh	45.2	1.14	0.067	0.017
	[2] inkl. Verteilverluste (Wärme am Ausgang Wärmeerzeuger)						
45	**Elektrizität vom Netz**						
45.001	Atomkraftwerk	Endenergie	kWh	675	0.005	4.21	0.024
45.002	Erdgaskombikraftwerk GuD	Endenergie	kWh	622	0.008	2.23	0.480
45.024	Erdgaskraftwerk	Endenergie	kWh	945	0.014	3.37	0.743
45.023	Braunkohlekraftwerk	Endenergie	kWh	1'610	0.011	3.93	1.36
45.003	Steinkohlekraftwerk	Endenergie	kWh	1'530	0.036	3.88	1.23
45.004	Kraftwerk Schweröl	Endenergie	kWh	1'570	0.021	3.73	1.07
45.005	Kehrichtverbrennung	Endenergie	kWh	55.6	0.002	0.014	0.007
45.006	Heizkraftwerk Holz	Endenergie	kWh	172	1.93	0.125	0.038
45.007	Blockheizkraftwerk Diesel	Endenergie	kWh	1'180	0.020	3.22	0.841
45.008	Blockheizkraftwerk Gas	Endenergie	kWh	826	0.011	2.83	0.648
45.009	Blockheizkraftwerk Biogas	Endenergie	kWh	511	0.078	0.820	0.364
45.011	Photovoltaik	Endenergie	kWh	151	1.20	0.159	0.048
45.012	Photovoltaik Schrägdach	Endenergie	kWh	176	1.21	0.192	0.055
45.013	Photovoltaik Flachdach	Endenergie	kWh	161	1.20	0.177	0.053
45.014	Photovoltaik Fassade	Endenergie	kWh	221	1.21	0.251	0.072
45.027	Photovoltaik Schrägdach Mono-Si	Endenergie	kWh	177	1.20	0.185	0.055
45.028	Photovoltaik Schrägdach Multi-Si	Endenergie	kWh	179	1.21	0.187	0.055
45.029	Photovoltaik Schrägdach CdTe	Endenergie	kWh	144	1.20	0.137	0.037
45.030	Photovoltaik Schrägdach CIS	Endenergie	kWh	164	1.20	0.188	0.048
45.015	Windkraft	Endenergie	kWh	110	1.20	0.087	0.028
45.016	Wasserkraft	Endenergie	kWh	77.0	1.17	0.025	0.012
45.017	Pumpspeicherung	Endenergie	kWh	666	0.722	2.71	0.169
45.018	Heizkraftwerk Geothermie	Endenergie	kWh	143	3.17	0.191	0.031
45.020	CH-Verbrauchermix	Endenergie	kWh	513	0.556	2.08	0.125
45.019	CH-Produktionsmix	Endenergie	kWh	329	0.678	1.68	0.032
45.022	Mix Stromprodukte aus erneuerbaren Energien	Endenergie	kWh	81.8	1.16	0.033	0.015
45.025	CH-Lieferantenmix HKN	Endenergie	kWh	265	0.902	1.08	0.054
45.021	ENTSO-E-Mix (ehemals UCTE-Mix)	Endenergie	kWh	935	0.275	2.87	0.523
46	**Elektrizität am Standort erzeugt, inkl. erneuerbare Energien**						
46.001	Photovoltaik	Endenergie	kWh	86.7	1.09	0.131	0.037
46.002	Photovoltaik Schrägdach	Endenergie	kWh	110	1.09	0.161	0.044
46.003	Photovoltaik Flachdach	Endenergie	kWh	96.0	1.09	0.148	0.042
46.004	Photovoltaik Fassade	Endenergie	kWh	149	1.09	0.214	0.059
46.009	Photovoltaik Schrägdach Mono-Si	Endenergie	kWh	111	1.09	0.155	0.043
46.010	Photovoltaik Schrägdach Multi-Si	Endenergie	kWh	112	1.09	0.157	0.043
46.011	Photovoltaik Schrägdach CdTe	Endenergie	kWh	80.0	1.08	0.112	0.027
46.012	Photovoltaik Schrägdach CIS	Endenergie	kWh	98.8	1.09	0.158	0.037
46.013	Photovoltaik Mono-Si in Hybridkollektor	Endenergie	kWh	111	1.09	0.173	0.049
46.005	Windkraft	Endenergie	kWh	49.8	1.09	0.067	0.019
46.006	Biogas	Endenergie	kWh	411	0.068	0.728	0.322
46.007	Biogas, Landwirtschaft	Endenergie	kWh	232	0.034	0.108	0.155
46.008	Kleinblockheizkraftwerk, Erdgas	Endenergie	kWh	943	0.013	3.37	0.768
46.014	Kleinblockheizkraftwerk, Biogas	Endenergie	kWh	569	0.092	1.00	0.432

Strommixrechner: Mit dem Strommixrechner (https://treeze.ch/de/rechner) können Umweltkennwerte von spezifischen Strommixen berechnet werden.
Fernwärmerechner: Mit dem Fernwärmerechner (https://treeze.ch/de/rechner) können Umweltkennwerte von spezifischen Fernwärmemixen berechnet werden.
Wärmepumpenrechner: Mit dem Wärmepumpenrechner (https://treeze.ch/de/rechner) können Umweltkennwerte pro kWh gelieferte Wärme und pro kWh Strom, der von der Wärmepumpe verbraucht wird, berechnet werden.

Ökobilanzdaten im Baubereich				KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022															
ID-Nummer	TRANSPORTE	Bezug		UBP'21				Primärenergie								Treibhausgasemissionen und Klimaeffekte Flugzeugemissionen, RFI=2.5			
								erneuerbar				nicht erneuerbar							
		Grösse	Einheit	Total UBP	Betrieb UBP	Fahrzeug UBP	Infrastruktur UBP	Total kWh oil-eq	Betrieb kWh oil-eq	Fahrzeug kWh oil-eq	Infrastruktur kWh oil-eq	Total kWh oil-eq	Betrieb kWh oil-eq	Fahrzeug kWh oil-eq	Infrastruktur kWh oil-eq	Total kg CO_2-eq	Betrieb kg CO_2-eq	Fahrzeug kg CO_2-eq	Infrastruktur kg CO_2-eq
61	**Treibstoffe**																		
61.003	Benzin in Personenwagen	Endenergie	kWh	**478**	478			**0.024**	0.024			1.25	1.25			0.338	0.338		
61.009	Benzin in Scooter	Endenergie	kWh	**814**	814			**0.024**	0.024			1.26	1.26			0.397	0.397		
61.005	Biogas in Personenwagen	Endenergie	kWh	**188**	188			**0.036**	0.036			0.321	0.321			0.114	0.114		
61.001	Diesel in Baumaschine	Endenergie	kWh	**513**	513			**0.007**	0.007			1.23	1.23			0.325	0.325		
61.002	Diesel in Lastwagen	Endenergie	kWh	**566**	566			**0.051**	0.051			1.19	1.19			0.321	0.321		
61.004	Diesel in Personenwagen	Endenergie	kWh	**487**	487			**0.005**	0.005			1.20	1.20			0.329	0.329		
61.006	Erdgas in Personenwagen	Endenergie	kWh	**326**	326			**0.011**	0.011			1.12	1.12			0.237	0.237		
61.007	Kerosin in Flugzeug	Endenergie	kWh	**776**	776			**0.005**	0.005			1.22	1.22			0.665	0.665		
61.008	Strom CH-Verbrauchermix in Personenwagen	Endenergie	kWh	**628**	628			**0.556**	0.556			2.08	2.08			0.158	0.158		
61.010	Mix Stromprodukte aus erneuerbaren Energien in Personenwagen	Endenergie	kWh	**197**	197			**1.16**	1.16			0.033	0.033			0.048	0.048		
62	**Güter-Transporte**																		
62.001	Aushub maschinell, Durchschnitt	Aushubvolumen	m3	**700**	613	87.1		**0.019**	0.008	0.011		**1.64**	1.47	0.175		**0.438**	0.388	0.050	
62.014	Aushub maschinell, mit PF	Aushubvolumen	m3	**700**	613	87.1		**0.019**	0.008	0.011		**1.65**	1.47	0.175		**0.438**	0.388	0.050	
62.015	Aushub maschinell, ohne PF	Aushubvolumen	m3	**702**	615	87.1		**0.019**	0.008	0.011		**1.60**	1.43	0.175		**0.427**	0.377	0.050	
62.002	Binnenschiff	Transportleistung	tkm	**70.1**	56.2	1.04	12.8	**0.009**	0.005	0.000	0.003	**0.157**	0.120	0.002	0.035	**0.040**	0.032	0.001	0.007
62.011	Flugzeug, Durchschnitt	Transportleistung	tkm	**1'950**	1'930	1.63	18.3	**0.016**	0.012	0.000	0.004	**2.88**	2.82	0.004	0.055	**1.67**	1.66	0.001	0.011
62.012	Flugzeug, Kurzstrecke	Transportleistung	tkm	**2'600**	2'470	4.42	129	**0.047**	0.020	0.001	0.026	**4.95**	4.55	0.011	0.383	**2.12**	2.04	0.003	0.077
62.018	Flugzeug, Mittelstrecke	Transportleistung	tkm	**1'880**	1'840	1.14	34.5	**0.019**	0.012	0.000	0.007	**2.89**	2.79	0.003	0.103	**1.60**	1.57	0.001	0.021
62.013	Flugzeug, Langstrecke	Transportleistung	tkm	**1'930**	1'910	1.02	12.3	**0.015**	0.012	0.000	0.002	**2.79**	2.75	0.003	0.037	**1.66**	1.65	0.001	0.007
62.003	Güterzug	Transportleistung	tkm	**32.6**	11.3	9.11	12.2	**0.046**	0.042	0.001	0.003	**0.054**	0.015	0.018	0.021	**0.012**	0.002	0.005	0.005
62.004	Helikopter	Einsatzzeit	h	**1'010'000**	1'000'000	7'510		**14.0**	12.3	1.66		**2'850**	2'830	19.4		**759**	754	4.41	
62.005	Hochseeschiff	Transportleistung	tkm	**17.4**	15.2	0.347	1.79	**0.001**	0.000	0.000	0.001	**0.029**	0.023	0.000	0.006	**0.007**	0.006	0.000	0.001
62.006	Hochseetanker	Transportleistung	tkm	**20.4**	19.2	0.188	1.02	**0.000**	0.000	0.000	0.000	**0.025**	0.021	0.000	0.003	**0.006**	0.006	0.000	0.001
62.007	Kleintransporter (<3.5 t)	Transportleistung	tkm	**2'920**	1'960	676	282	**0.313**	0.032	0.135	0.145	**7.29**	4.94	1.43	0.913	**1.77**	1.33	0.344	0.093
62.016	Lastwagen, Durchschnitt	Transportleistung	tkm	**266**	205	25.2	36.3	**0.029**	0.018	0.004	0.007	**0.604**	0.428	0.062	0.113	**0.144**	0.115	0.013	0.016
62.017	Lastwagen 3.5t-7.5 t	Transportleistung	tkm	**1'070**	838	125	111	**0.128**	0.071	0.020	0.038	**2.31**	1.65	0.311	0.353	**0.553**	0.445	0.065	0.043
62.009	Lastwagen 7.5-16 t	Transportleistung	tkm	**424**	336	37.3	51.3	**0.049**	0.031	0.006	0.013	**0.967**	0.712	0.093	0.162	**0.232**	0.192	0.020	0.021
62.008	Lastwagen 16-32 t	Transportleistung	tkm	**344**	274	30.4	39.8	**0.037**	0.024	0.004	0.008	**0.759**	0.561	0.074	0.125	**0.183**	0.150	0.016	0.017
62.010	Lastwagen 32-40 t	Transportleistung	tkm	**214**	160	21.4	33.4	**0.023**	0.015	0.003	0.005	**0.499**	0.341	0.054	0.104	**0.118**	0.092	0.011	0.015
63	**Personen-Transporte**																		
63.003	Autobus	Transportleistung	pkm	**258**	228	12.9	17.9	**0.012**	0.002	0.005	0.004	**0.627**	0.537	0.033	0.056	**0.156**	0.143	0.006	0.007
63.001	Fernreisezug Schweiz	Transportleistung	pkm	**30.1**	13.6	3.32	13.2	**0.072**	0.067	0.001	0.004	**0.044**	0.013	0.009	0.023	**0.007**	0.001	0.002	0.005
63.002	Fernreisezug Deutschland, ICE	Transportleistung	pkm	**64.8**	44.0	1.99	18.8	**0.035**	0.032	0.000	0.002	**0.125**	0.096	0.005	0.025	**0.034**	0.025	0.001	0.009
63.004	Flugzeug, Durchschnitt	Transportleistung	pkm	**332**	324	0.661	6.91	**0.004**	0.002	0.000	0.001	**0.533**	0.511	0.002	0.021	**0.283**	0.278	0.000	0.004
63.005	Flugzeug, Kurzstrecke	Transportleistung	pkm	**427**	405	0.729	21.2	**0.008**	0.003	0.000	0.004	**0.816**	0.751	0.002	0.063	**0.350**	0.337	0.000	0.013
63.020	Flugzeug, Mittelstrecke	Transportleistung	pkm	**302**	296	0.184	5.59	**0.003**	0.002	0.000	0.001	**0.468**	0.451	0.000	0.017	**0.259**	0.255	0.000	0.003
63.006	Flugzeug, Langstrecke	Transportleistung	pkm	**303**	301	0.162	1.95	**0.002**	0.002	0.000	0.000	**0.442**	0.436	0.000	0.006	**0.263**	0.261	0.000	0.001
63.018	Helikopter, einmotorig	Einsatzzeit	h	**1'270'000**	1'270'000	7'510		**17.3**	15.6	1.66		**3'610**	3'590	19.4		**968**	964	4.41	
63.019	Helikopter, zweimotorig	Einsatzzeit	h	**1'830'000**	1'830'000	8'750		**24.4**	22.4	1.94		**5'180**	5'160	22.5		**1'410**	1'410	5.14	
63.007	Personenwagen, Durchschnitt	Transportleistung	pkm	**352**	220	96.6	35.3	**0.046**	0.008	0.018	0.020	**0.870**	0.567	0.187	0.115	**0.212**	0.154	0.047	0.011
63.008	Personenwagen, Benzin	Transportleistung	pkm	**365**	237	93.0	34.8	**0.050**	0.012	0.017	0.020	**0.919**	0.624	0.182	0.113	**0.225**	0.168	0.046	0.011
63.014	Personenwagen, Biogas	Transportleistung	pkm	**193**	112	46.7	35.0	**0.051**	0.021	0.008	0.022	**0.417**	0.190	0.112	0.115	**0.103**	0.068	0.024	0.010
63.009	Personenwagen, Diesel	Transportleistung	pkm	**333**	195	102	36.0	**0.042**	0.002	0.019	0.020	**0.793**	0.480	0.196	0.117	**0.192**	0.132	0.049	0.011
63.016	Personenwagen, elektrisch, Strom CH-Verbrauchermix	Transportleistung	pkm	**256**	78.1	143	34.8	**0.108**	0.069	0.019	0.020	**0.640**	0.259	0.268	0.114	**0.093**	0.020	0.062	0.011
63.021	Personenwagen, elektrisch, Mix Stromprodukte aus erneu. Energien	Transportleistung	pkm	**202**	24.5	143	34.8	**0.183**	0.144	0.019	0.020	**0.385**	0.004	0.268	0.114	**0.079**	0.006	0.062	0.011
63.015	Personenwagen, Erdgas	Transportleistung	pkm	**266**	184	46.7	35.0	**0.036**	0.006	0.008	0.022	**0.861**	0.634	0.112	0.115	**0.168**	0.134	0.024	0.010
63.010	Regionalzug	Transportleistung	pkm	**39.0**	19.5	2.79	16.7	**0.144**	0.138	0.001	0.005	**0.060**	0.026	0.005	0.029	**0.009**	0.001	0.001	0.006
63.011	Reisebus	Transportleistung	pkm	**107**	89.5	7.18	10.2	**0.006**	0.001	0.003	0.002	**0.250**	0.200	0.019	0.032	**0.061**	0.054	0.003	0.004
63.017	Scooter, Benzin	Transportleistung	pkm	**257**	234	20.8	2.18	**0.011**	0.007	0.004	0.000	**0.422**	0.361	0.054	0.007	**0.127**	0.114	0.012	0.001
63.012	Tram	Transportleistung	pkm	**123**	69.8	6.47	47.2	**0.090**	0.076	0.003	0.011	**0.395**	0.284	0.017	0.094	**0.043**	0.017	0.003	0.023
63.013	Trolleybus	Transportleistung	pkm	**112**	85.7	10.8	15.5	**0.088**	0.081	0.005	0.003	**0.374**	0.301	0.028	0.044	**0.030**	0.019	0.005	0.006

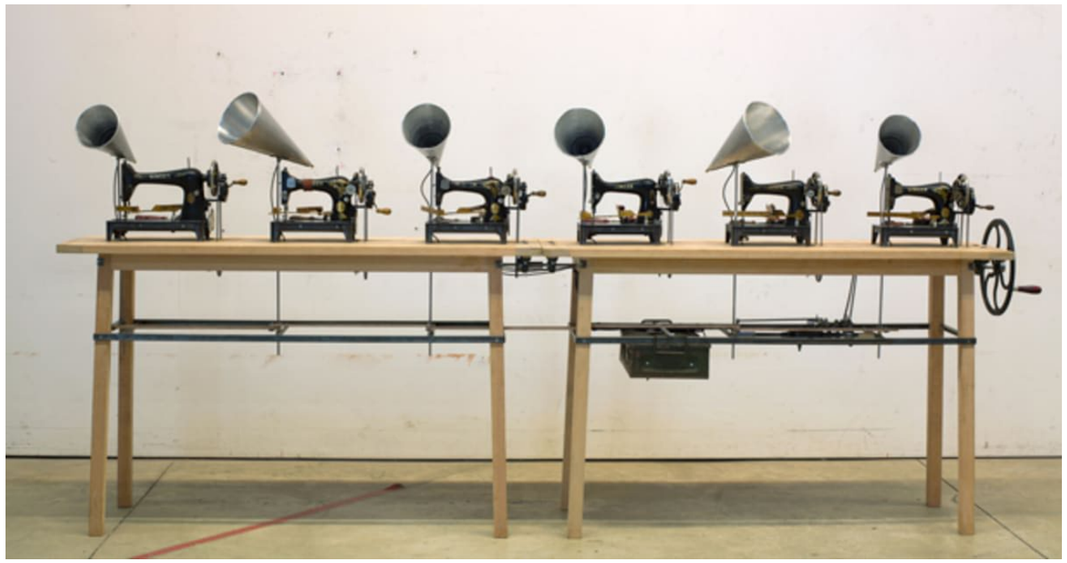
	Ökobilanzdaten im Baubereich			KBOB / ecobau / IPB 2009/1:2022															
ID-Nummer	TRANSPORTE	Bezug		UBP'21				Primärenergie								Treibhausgasemissionen und Klimaeffekte Flugzeugemissionen, RFI=2.5			
								erneuerbar				nicht erneuerbar							
		Grösse	Einheit	Total UBP	Betrieb UBP	Fahrzeug UBP	Infrastruktur UBP	Total kWh oil-eq	Betrieb kWh oil-eq	Fahrzeug kWh oil-eq	Infrastruktur kWh oil-eq	Total kWh oil-eq	Betrieb kWh oil-eq	Fahrzeug kWh oil-eq	Infrastruktur kWh oil-eq	Total kg CO_2-eq	Betrieb kg CO_2-eq	Fahrzeug kg CO_2-eq	Infrastruktur kg CO_2-eq
64	**Personen-Transporte**																		
64.003	Autobus	Fahrleistung	km	**2'640**	2'320	131	183	**0.123**	0.024	0.056	0.044	**6.39**	5.48	0.341	0.576	**1.60**	1.46	0.059	0.076
64.001	Fernreisezug Schweiz	Fahrleistung	km	**6'230**	2'810	689	2'730	**15.0**	14.0	0.238	0.776	**9.14**	2.60	1.84	4.71	**1.53**	0.142	0.338	1.05
64.002	Fernreisezug Deutschland, ICE	Fahrleistung	km	**15'300**	10'400	468	4'420	**8.12**	7.61	0.083	0.427	**29.5**	22.5	1.15	5.82	**8.08**	5.80	0.257	2.02
64.004	Flugzeug, Durchschnitt	Fahrleistung	km	**68'400**	66'800	136	1'420	**0.778**	0.458	0.032	0.288	**110**	105	0.347	4.24	**58.2**	57.3	0.079	0.850
64.005	Flugzeug, Kurzstrecke	Fahrleistung	km	**53'700**	51'000	91.8	2'670	**0.973**	0.412	0.020	0.541	**103**	94.6	0.237	7.96	**44.1**	42.5	0.054	1.60
64.020	Flugzeug, Mittelstrecke	Fahrleistung	km	**39'900**	39'100	24.3	737	**0.414**	0.259	0.005	0.149	**61.8**	59.6	0.063	2.20	**34.1**	33.7	0.014	0.440
64.006	Flugzeug, Langstrecke	Fahrleistung	km	**76'100**	75'600	40.7	490	**0.585**	0.477	0.010	0.099	**111**	109	0.104	1.46	**65.9**	65.6	0.024	0.292
64.018	Helikopter, einmotorig	Einsatzzeit	h	**1'270'000**	1'270'000	7'510		**17.3**	15.6	1.66		**3'610**	3'590	19.4		**968**	964	4.41	
64.019	Helikopter, zweimotorig	Einsatzzeit	h	**1'830'000**	1'830'000	8'750		**24.4**	22.4	1.94		**5'180**	5'160	22.5		**1'410**	1'410	5.14	
64.007	Personenwagen, Durchschnitt	Fahrleistung	km	**564**	353	155	56.5	**0.074**	0.013	0.029	0.032	**1.39**	0.908	0.299	0.184	**0.339**	0.246	0.075	0.018
64.008	Personenwagen, Benzin	Fahrleistung	km	**584**	379	149	55.7	**0.079**	0.019	0.028	0.032	**1.47**	0.999	0.291	0.182	**0.359**	0.269	0.073	0.017
64.014	Personenwagen, Biogas	Fahrleistung	km	**310**	179	74.7	56.1	**0.082**	0.034	0.013	0.035	**0.667**	0.304	0.179	0.184	**0.164**	0.109	0.039	0.017
64.009	Personenwagen, Diesel	Fahrleistung	km	**533**	311	164	57.6	**0.067**	0.003	0.031	0.033	**1.27**	0.767	0.313	0.188	**0.307**	0.210	0.079	0.018
64.016	Personenwagen, elektrisch, Strom CH-Verbrauchermix	Fahrleistung	km	**409**	125	228	55.7	**0.173**	0.111	0.030	0.032	**1.02**	0.414	0.428	0.182	**0.148**	0.031	0.100	0.017
64.021	Personenwagen, elektrisch, Mix Stromprodukte aus erneu. Energien	Fahrleistung	km	**323**	39.1	228	55.7	**0.292**	0.230	0.030	0.032	**0.617**	0.007	0.428	0.182	**0.127**	0.010	0.100	0.017
64.015	Personenwagen, Erdgas	Fahrleistung	km	**425**	295	74.7	56.1	**0.058**	0.010	0.013	0.035	**1.38**	1.01	0.179	0.184	**0.269**	0.214	0.039	0.017
64.010	Regionalzug	Fahrleistung	km	**2'540**	1'270	182	1'090	**9.38**	8.99	0.078	0.310	**3.89**	1.68	0.340	1.88	**0.593**	0.095	0.079	0.419
64.011	Reisebus	Fahrleistung	km	**2'240**	1'880	151	214	**0.128**	0.018	0.064	0.046	**5.26**	4.19	0.394	0.671	**1.29**	1.13	0.068	0.090
64.017	Scooter, Benzin	Fahrleistung	km	**282**	257	22.9	2.40	**0.012**	0.008	0.004	0.000	**0.464**	0.397	0.060	0.007	**0.139**	0.125	0.013	0.001
64.012	Tram	Fahrleistung	km	**4'150**	2'350	218	1'590	**3.01**	2.55	0.086	0.374	**13.3**	9.54	0.574	3.16	**1.45**	0.577	0.097	0.778
64.013	Trolleybus	Fahrleistung	km	**2'130**	1'630	205	294	**1.67**	1.53	0.087	0.052	**7.10**	5.72	0.535	0.841	**0.574**	0.366	0.092	0.116
Transportrechner: Mit den mobitool-Faktoren 2.1 (https://mobitool.ch) können die Umweltkennwerte pro Personenkilometer oder pro Tonnenkilometer für spezfische Auslastungen und Transportmittel berechnet werden.																			

vollständige Listen unter:
https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html

Auskunft Dr. Rolf Frischknecht am 11.03.2022:
Veränderungen bei den Treibhausgasemissionen (Herstellung und Entsorgung) bei einigen Schlüssel-Baumaterialien,
in KBOB-Empfehlung 2009/1 Version 2022 gegenüber der Version 2016:

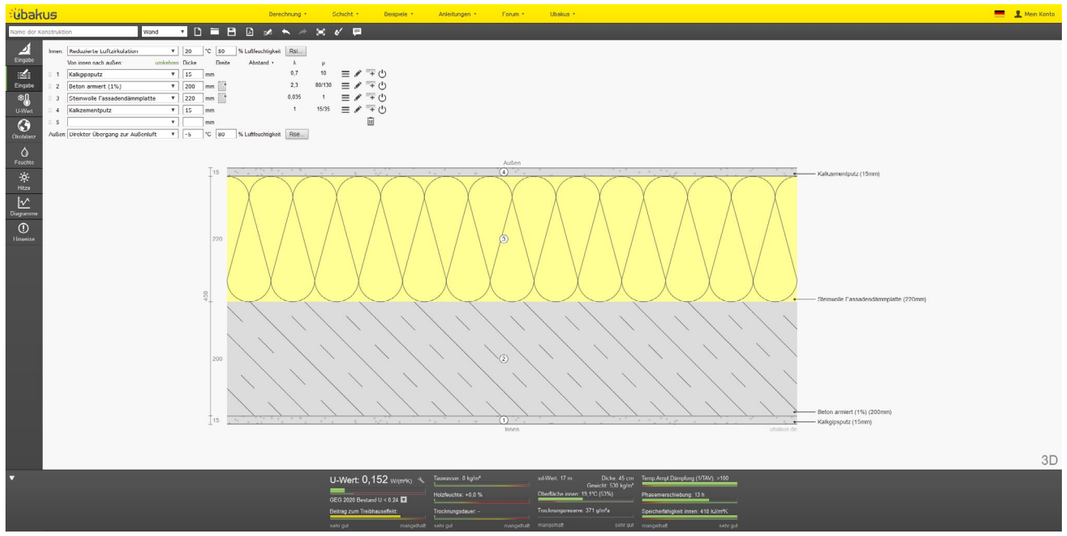
Hochbaubeton (ohne Armierung): THGE bleiben praktisch gleich;
Backstein: THGE bleiben praktisch gleich;
Verglasung: THGE bleiben praktisch gleich;
Armierungsstahl: THGE sind mehr als doppelt so hoch;
Stahlblech: THGE sind mehr als 50% höher;
Konstruktionsstahl: THGE bleiben praktisch gleich;
Brettschichtholz: THGE nehmen um mehr als 30% ab;
Massivholz: THGE nehmen um zwischen 25 und 50% zu (v.a. wg. Neumodellierung Entsorgung);
Wärmedämmstoffe: THGE verändern sich uneinheitlich, jeweils aber nur wenig.

PLANUNGSWERKZEUGE (TOOLS UND LINKS)



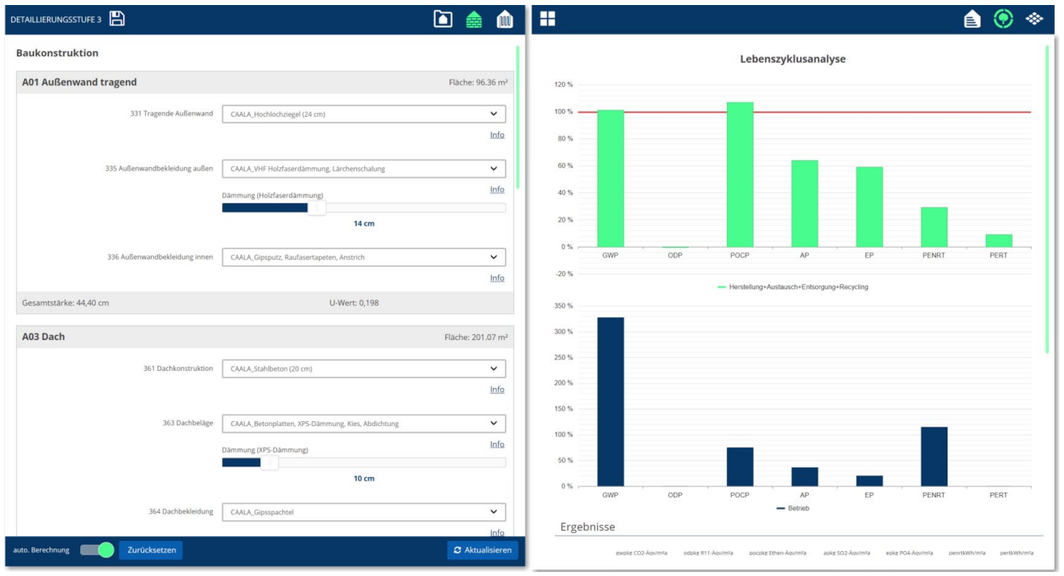
Untitled (Singer Choir/ Chorus), **William Kentridge, 2013**

Ubakus



https://www.ubakus.com, Aufruf von März 2022

CAALA



https://caala.de/blog/alpha-version-0-97, Aufruf von August 2021
Vortrag von Philipp Hollberg über CAALA für A4F München https://www.youtube.com/watch?v=rOKlUu42XLs

SIA 2040 Effizienzpfad Energie

Rechenhilfe SIA 2040: Vorstudie / Vorprojekt *(mac-fähige Version zu Schulungszwecken)* **Auswertung**

Projektinformation	**0**		
Objekteingaben	Geschossfläche GF	1 m2	Zone 1 **Wohnen**
	Energiebezugsfläche EBF	1 m2	Zone 2 ...
			Zone 3 ...

		Primärenergie nicht erneuerbar		Treibhausgas-emissionen	
		kWh/m²		kg/m²	
Gebäude	**Neubau/Umbau**	Richtwert	Projektwert	Richtwert	Projektwert
	Erstellung	30	13	9.0	3.3
	Betrieb	60	30	3.0	1.5
	Mobilität	30	4	4.0	0.7
Zielwert	Projektwert	**120**	**47**	**16.0**	**5.6**
Zusatzanforderung		*90*	*43*	*12.0*	*4.9*

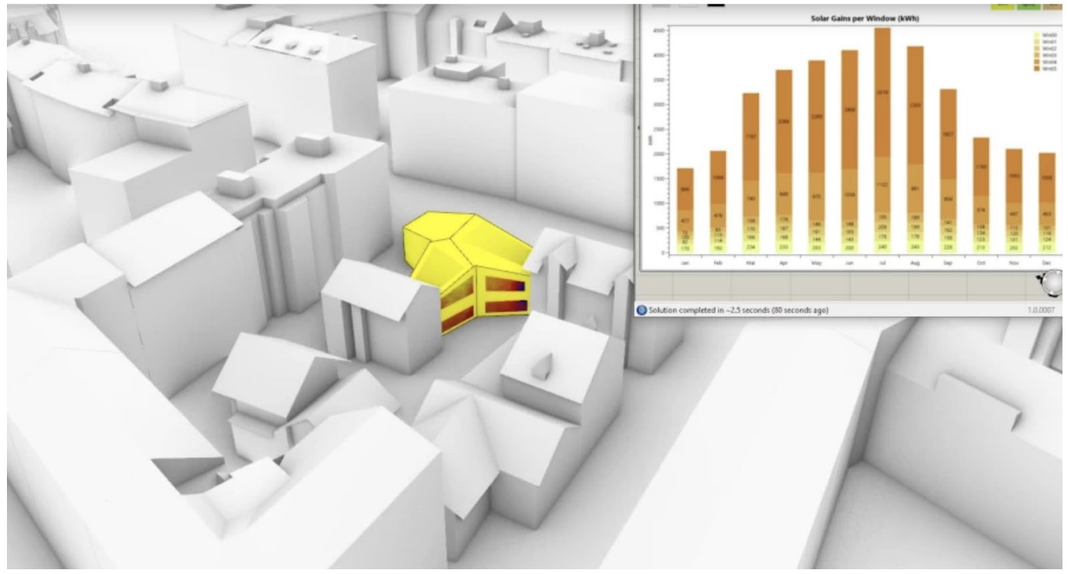
Primärenergie gesamt (inkl. emeuerbare)	
kWh/m²	
Richtwert	*Projektwert*
35	*14*
140	*43*
35	*4*
210	*61*
175	*57*

Informativ: Nur für den Zusammenhang zur Methodik der 2000-Watt-Gesellschaft relevant. Vgl. Anhang C, SIA 2040

Ihr Projekt ist auf gutem Weg die Vorgaben des SIA-Effizienzpfad Energie zu erfüllen.

https://www.energytools.ch, Aufruf von August 2021 (Bild: Screenshot in Excel)

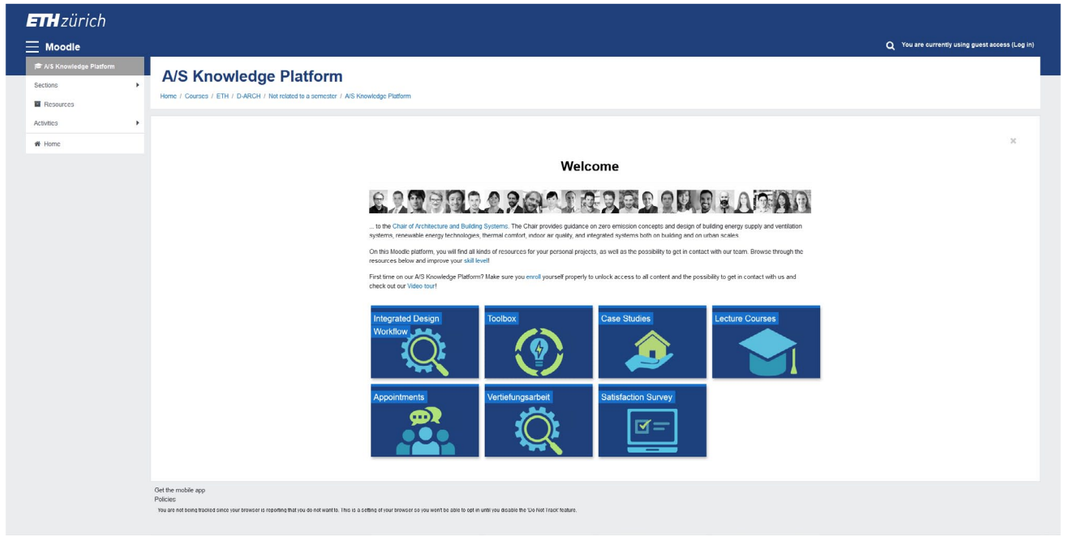
Hive



https://systems.arch.ethz.ch/demonstrators/hive, Aufruf von August 2021

A/S Knowledge Platform

Chair of Architecture and Building Systems ETHZ



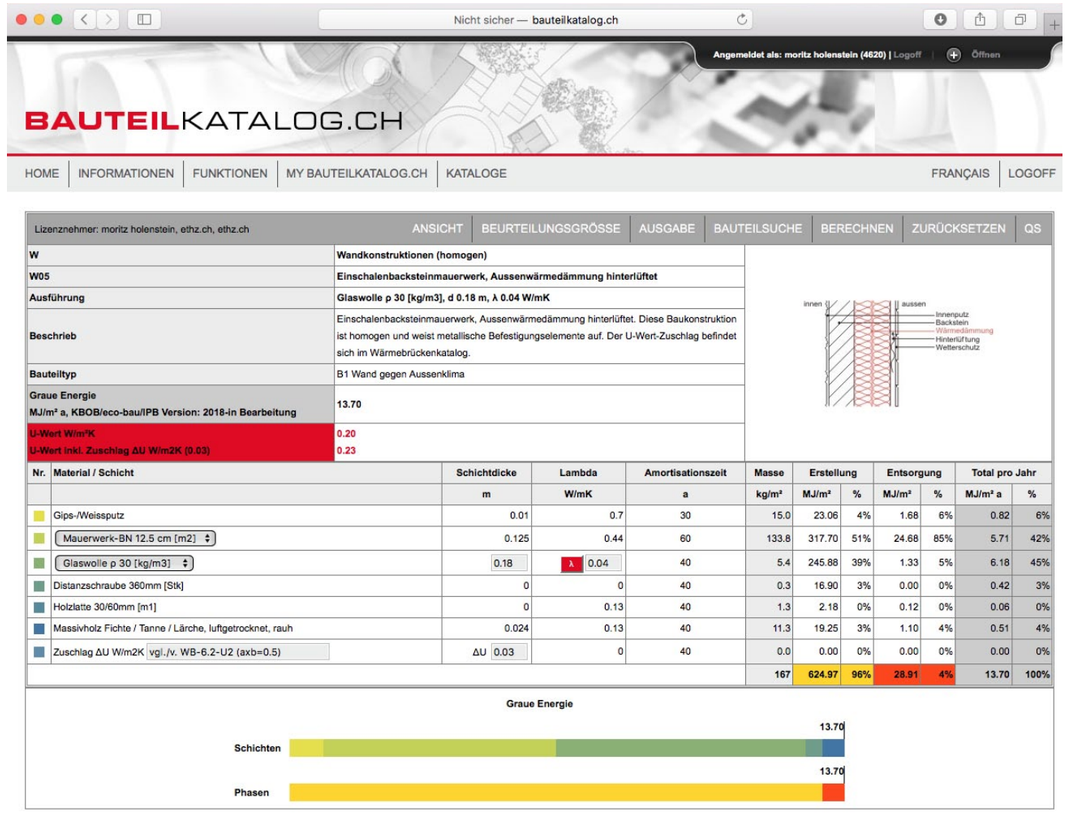
Moodle Board der Professur für Architecture and Building Systems, Prof.Dr. Arno Schlüter:
https://moodle-app2.let.ethz.ch/course/view.php?id=11917 (Aufruf von März 2022)

Materialpyramide

https://www.materialepyramiden.dk (Aufruf von August 2021)

Bemerkung Professur Gigon / Guyer:
Die Entsorgungsphase wird hier ausgeklammert, daher erscheinen biogene Baustoffe als (permanente) CO_2-Senke. Die BIndung von Kohlenstoff in Bauteilen endet jedoch nach den Nutzungsphase. Bei der Ökobilanzierung im Schweizer Kontext ist dies zu beachten, vgl. KBOB-Liste. Siehe auch S. 58-59.

Bauteilkatalog



www.bauteilkatalog.ch, Aufruf von August 2019

Weitere Links und Rechner:

https://www.energieschweiz.ch/tools/solarrechner/
https://www.carboncare.org/co2-emissions-rechner.html
https://www.wwf.ch/de/nachhaltig-leben/footprintrechner
https://www.atmosfair.de/de/standards/emissionsberechnung/
https://www.myclimate.org/de/

LEISTUNG UND ENERGIE (BEGRIFFE, GRÖSSENORDNUNGEN)

Philips Glühbirne 60W

LEISTUNG

Die Leistung als physikalische Grösse bezeichnet die in einer Zeitspanne umgesetzte Energie bezogen auf diese Zeitspanne. Ihr Formelzeichen ist meist P (von englisch power), ihre SI-Einheit das Watt mit dem Einheitenzeichen W.
Das Watt ist die im internationalen Einheitensystem (SI) verwendete Masseinheit für die Leistung (Energieumsatz pro Zeitspanne). Sie wurde nach dem schottischen Wissenschaftler und Ingenieur James Watt benannt. Das Watt ist eine abgeleitete Einheit. Sie lässt sich aus den Basiseinheiten Kilogramm (kg), Meter (m) und Sekunde (s) ableiten:

$$1\,\mathrm{W} = 1\,\frac{\mathrm{kg\,m^2}}{\mathrm{s^3}}$$

Im physikalisch-technischen Zusammenhang wird der Begriff Leistung in verschiedenen Bedeutungen verwendet:
1. als installierte oder maximal mögliche Leistung
(Kennzeichen eines Gerätes oder einer Anlage; auch Nennleistung genannt)
2. als tatsächliche Leistung in einer Anwendung
(entweder als die zugeführte Leistung oder die im Sinne der Aufgabenstellung abgegebene Leistung).
Die Leistungsaufnahme und die für eine bestimmte Anwendung nutzbringende Leistungsabgabe können je nach Wirkungsgrad bzw. Abwärme erheblich voneinander abweichen.

Watt – W

1.5 W – Leistung des menschlichen Herzens
1.5 W – Durchschnittliche Leistung eines Mobiltelefons
70 bis 90 W – Leistung, die der Mensch während des Schlafens erbringt, um seine Körperfunktion aufrecht zu erhalten (Grundumsatz)
100 bis 130 W – Leistung eines Menschen bei der Büroarbeit

Kilowatt – kW

1 Kilowatt = 1000 Watt

1‘367 kW – bei mittlerem Abstand Erde–Sonne ohne den Einfluss der Atmosphäre senkrecht zur Strahlrichtung empfangene Strahlungsleistung von der Sonne auf einem Quadratmeter Oberfläche (Solarkonstante)
2 bis 3.5 kW – Leistungsaufnahme einer typischen Waschmaschine
10 bis 20 kW – Wärmeleistung einer Heizung eines Einfamilienhauses
15 kW – kurzzeitige Höchstleistung eines Pferdes (≈ 20 PS, 1 PS ≈ 0.7355 kW)
20 bis 300 kW – typische Leistungsabgabe eines PKW-Motors mit 27 bis 408 PS

Megawatt – MW

1 Megawatt = 1000 Kilowatt = 1 Million Watt (10^6)

3 bis 9 MW – Nennleistung grosser Windenergieanlagen

Gigawatt – GW

1 Gigawatt = 1000 Megawatt = 1 Milliarde Watt (10^9)

1 GW – typisches Kernkraftwerk

Terawatt – TW

1 Terawatt = 1000 Gigawatt = 1 Billion Watt (10^{12}) = 1 Milliarde Kilowatt

1.7 TW – durchschnittlich benötigte elektrische Leistung weltweit (Stand 2001)
44 TW – Leistung, welche die Erde als Wärme aus Erdmantel und Erdkern abgibt

Petawatt – PW

1 Petawatt = 1000 Terawatt = 1 Billiarde Watt (10^{15}) = 1000 Milliarden Kilowatt

174 PW – die Erde erreichender Teil der Strahlungsleistung der Sonne (davon erreicht etwa die Hälfte die Erdoberfläche)

ARBEIT = ENERGIE

Die Wattstunde (Einheitenzeichen: Wh) ist eine Masseinheit der Arbeit bzw. der Energie. Sie gehört zwar nicht zum internationalen Einheitensystem (SI), ist zum Gebrauch mit dem SI aber zugelassen. Eine Wattstunde entspricht der Energie, welche ein System (z. B. Maschine, Mensch, Glühlampe) mit einer Leistung von einem Watt in einer Stunde aufnimmt oder abgibt. Eine 50-Watt-Glühbirne, die eine Stunde lang leuchtet, setzt also 50 Wh um.

Im Alltag gebräuchlich und verbreitet ist die Kilowattstunde (kWh), das Tausendfache der Wattstunde. In dieser Einheit werden vor allem Strom-, aber auch Heizwärmekosten abgerechnet und mit Messeinrichtungen wie dem Stromzähler oder Wärmezähler erfasst.

Anders als bei der Einheit Kilometer pro Stunde, die km/h geschrieben wird, weil dabei durch die Stunde dividiert wird, ist bei der Kilowattstunde kWh kein «/» zu schreiben, weil hier mit der Stunde multipliziert wird. Eine Schreibweise «kW/h» ist daher falsch.

Die Wattstunde leitet sich aus der SI-Einheit Joule ab:

1 Joule = 1 Ws (Wattsekunde)

1 Wh = 3600 Ws (Wattsekunden) = 3600 Joule = 3.6 Kilojoule (kJ).

Die Einheit Wattstunde wird meistens mit dem dezimalen SI-Vorsatz Kilo verwendet (z. B. bei der Stromabrechnung).

1 Kilowattstunde (kWh) = 1 kW · 1 h = 1000 Watt · 1 h = 1000 Wh = 1000 W · 3600 s = 3.6 · 10^6 J = 3,6 Megajoule (MJ)

Wenn beispielsweise eine Solaranlage mit der Leistung von einem Kilowatt eine Stunde lang Sonnenlicht in elektrische Energie umwandelt, so entspricht das einer Kilowattstunde.

Bei der Angabe der Stromproduktion von Elektrizitätswerken oder des Bedarfs an elektrischer Energie ganzer Länder werden die Vorsätze Mega (M) (für eine Million), Giga (G) (für eine Milliarde) oder Tera (T) (für eine Billion) der entsprechenden Einheit verwendet, um handlichere Zahlenwerte zu erhalten: so entsprechen z. B. 1000 Megawattstunden einer Gigawattstunde (GWh) usw.

Grundeinheit der Energie im internationalen Einheitensystem ist 1 Joule (auch Wattsekunde). Benannt nach James Prescott Joule, wird diese Einheit heute für alle Energieformen verwendet, also auch für die Arbeit und Wärmemenge.
Wie jede abgeleitete Einheit kann das Joule durch Basiseinheiten ausgedrückt werden.
Mit den Einheiten kg, m und s gilt:

$$1\,\mathrm{J} = 1\,\frac{\mathrm{kg\,m^2}}{\mathrm{s^2}}$$

Joule – J

1 Joule = 1‘000 Millijoule

1 J = 1 Ws = 1 Nm
1 J = Arbeit des menschlichen Herzens pro Schlag

4.18 J = erwärmt unter Normbedingungen 1 g Wasser um 1 K
(in veralteten Einheiten: = 1 cal)

Kilojoule – kJ

1 Kilojoule = 1000 Joule

1 kJ ≈ 0.278 · 10^{-3} kWh ≈ 0.3 Wh
4.18 kJ = erwärmt 1 kg Wasser um 1 K = 1 Kilokalorie
38 kJ = physiologischer Brennwert, das heisst für den menschlichen Körper nutzbarer Energiegehalt, von 1 g Fett ≙ 9 kcal (kilocalorie)

Megajoule – MJ

1 Megajoule = 1000 Kilojoule = 0.2778 kWh

2.3 MJ = physiologischer Brennwert von 100 g Schokolade ≙ 550kcal
3.6 MJ = 1 Kilowattstunde (kWh) – Abrechnungseinheit für Energie wie Stromverbrauch, Heizleistung
10–15 MJ = täglicher Energiebedarf des Menschen, Mittelwert, variabel nach Alter, Geschlecht und weiteren Faktoren = 1430 bis 3100 kcal

Gigajoule – GJ

1 Gigajoule = 1000 Megajoule

1 GJ ≈ 278 kWh
11 GJ ≈ 3.1 MWh Bedarf an elektrischer Energie eines Zwei-Personen-Privathaushalts pro Jahr

Terajoule – TJ

1 Terajoule = 1000 Gigajoule

1 TJ ≈ 278 MWh = 278‘000 kWh
56 TJ = freiwerdende Explosionsenergie der Atombombe Little Boy über Hiroshima (entspricht 13.4 kt TNT)

Petajoule –PJ

1 Petajoule = 1000 Terajoule

1 PJ ≈ 278 GWh = 278 Mio. kWh
31.5 PJ = 8760 GWh = 1 Gigawattjahr – Energieabgabe eines 1-Gigawatt-Kraftwerks in einem Jahr (Gemeinjahr mit 365 Tagen)
89.9 PJ = vollständige Umwandlung von 1 kg Materie in Energie ($E=m \cdot c^2$)

Prefix	Symbol	Multiplier (trad. notation)	Exponential	E-Notation	English	Deutsch
Exa	E	1'000'000'000'000'000'000	10^{18}	1.00E+18	Quintillion	Trillion
Peta	P	1'000'000'000'000'000	10^{15}	1.00E+15	Quadrillion	Billiarde
Tera	T	1'000'000'000'000	10^{12}	1.00E+12	Trillion	Billion
Giga	G	1'000'000'000	10^{9}	1.00E+9	Billion	Milliarde
Mega	M	1'000'000	10^{6}	1.00E+6	Million	Million
kilo	k	1'000	10^{3}	1.00E+3	Thousand	Tausend
hecto	h	100	10^{2}	1.00E+2	Hundred	Hundert
deca	da	10	10^{1}	1.00E+1	Ten	Zehn
base	b	1	10^{0}	1.00E+0	One	Eins
deci	d	1/10	10^{-1}	1.00E-1	Tenth	Zehntel
centi	c	1/100	10^{-2}	1.00E-2	Hundredth	Hundertstel
milli	m	1/1'000	10^{-3}	1.00E-3	Thousandth	Tausendstel
micro	µ	1/1'000'000	10^{-6}	1.00E-6	Millionth	Millionstel
nano	n	1/1'000'000'000	10^{-9}	1.00E-9	Billionth	Milliardstel

Kiss #12, John Chamberlain, 1979

IMPRESSUM UND DANK

Themenplattform zur Master's Thesis FS 23
DURABILITY AND/OR CHANGE?

«VADEMECUM» – Ökobilanzdaten und Kennwerte

Professur Annette Gigon / Mike Guyer, D-ARCH, ETH Zürich
März 2022 / Revision 23.01.2023

Vorbereitung: Annette Gigon
«Vademecum»: Arend Kölsch
Reader: Stefan Jos, Arend Kölsch

Reader und Vademecum basieren teils auf Unterlagen zum Entwurfssemester HS 21.
Beteiligte: Annette Gigon, Kathrin Sindelar, Moritz Holenstein, Ania Tschenett, Stefan Jos
mit Unterstützung von Arend Kölsch (Datensammlungen Baustoffe /-teile und Photovoltaik)

Druck: Druckzentrum ETH Hönggerberg

Dank an
Christof Aerni, Markus Aerni (Aerni + Aerni Ingenieure AG, Zürich)
Dr. Rolf Frischknecht (treeze Ltd., Uster)
Prof. Dr. Guillaume Habert (IBI, D-BAUG, ETH Zürich)
Dr. Illias Hischier (ITA, D-ARCH, ETHZ Zürich)
Prof. Dr. Alexander Hollberg (Chalmers University of Technology, Göteborg, Schweden)
Gregorij Meleshko (WaltGalmarini AG, Zürich)
Katrin Pfäffli (preisig:pfäffli, Zürich)
Prof. Dr. Arno Schlüter (ITA, D-ARCH, ETHZ Zürich)

Hinweis: Die hier zusammengestellten Daten wurden nach bestem Wissen verarbeitet. Für die Richtigkeit kann nicht garantiert werden; die Anwendung erfolgt auf eigene Verantwortung. Wenn offensichtliche Fehler festgestellt werden, bitten wir um Mitteilung.