

Ökobilanzen im Wohnungsbau

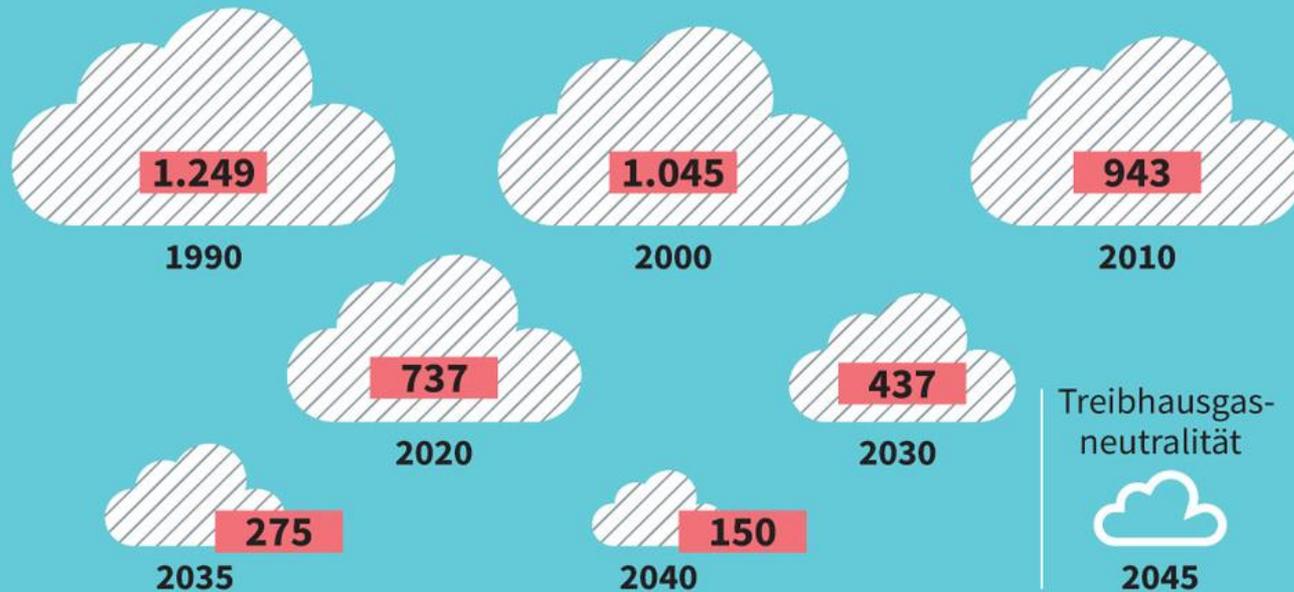
Rechengrundlagen und Chancen verschiedener Bauweisen

M.Sc.-Ing. Louisa Nittel
August Lücking GmbH & Co. KG

Motivation und Zielsetzung

Deutschlands Klimaziele

Treibhausgasemissionen in Millionen Tonnen



Treibhausgasneutralität: Die Treibhausgasemissionen, die im Jahr 2045 noch ausgestoßen werden, müssen an anderer Stelle ausgeglichen werden – z. B. durch CO₂-Abscheidung und -Speicherung oder Aufforstung

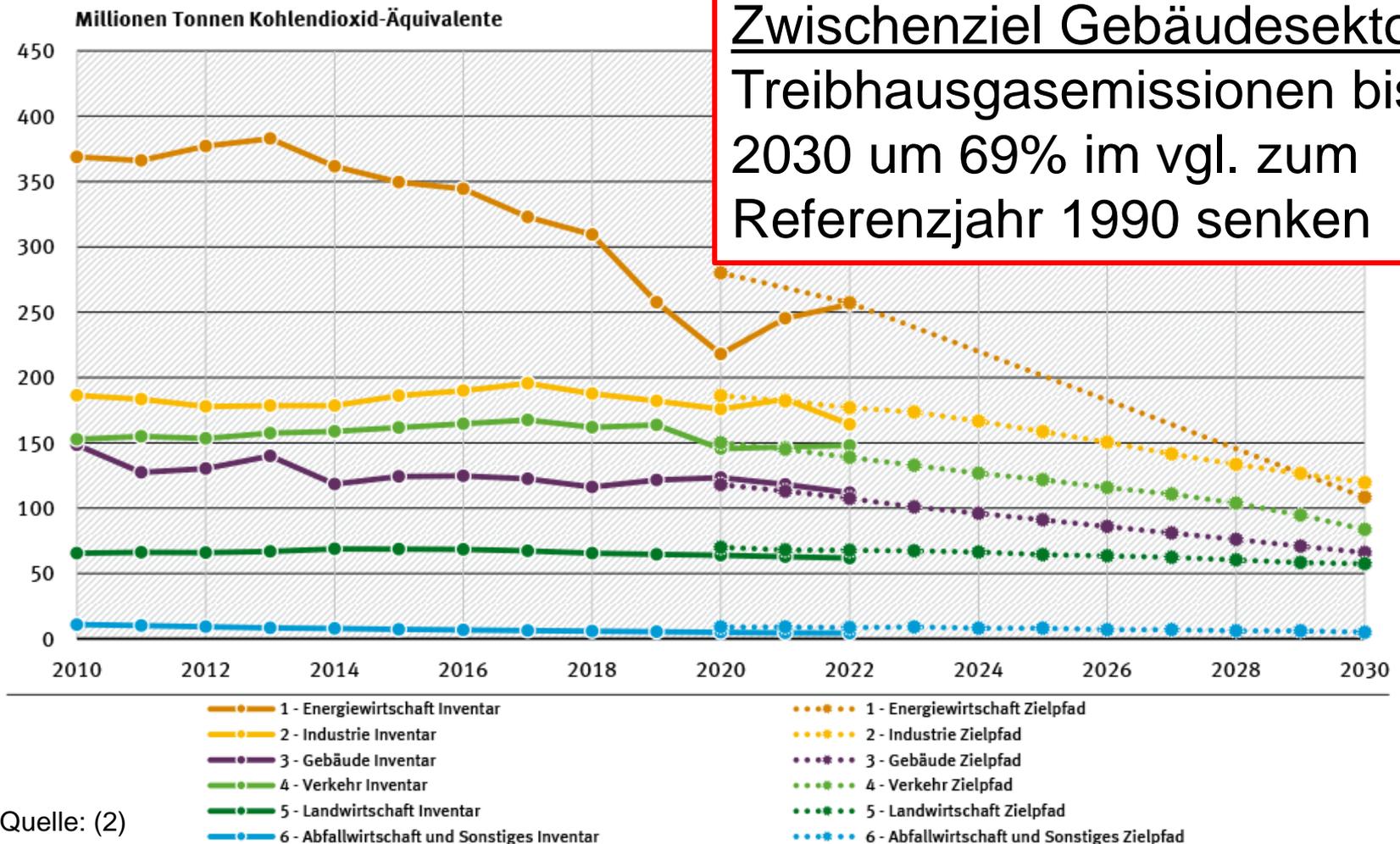
2030, 2035, 2040, 2045: Klimaziele der Bundesregierung

Quellen: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Umweltbundesamt

© 2021 IW Medien / iwd

Motivation und Zielsetzung

Entwicklung und Zielerreichung* der Treibhausgas-Emissionen in Deutschland
in der Abgrenzung der Sektoren des Bundes-Klimaschutzgesetzes**

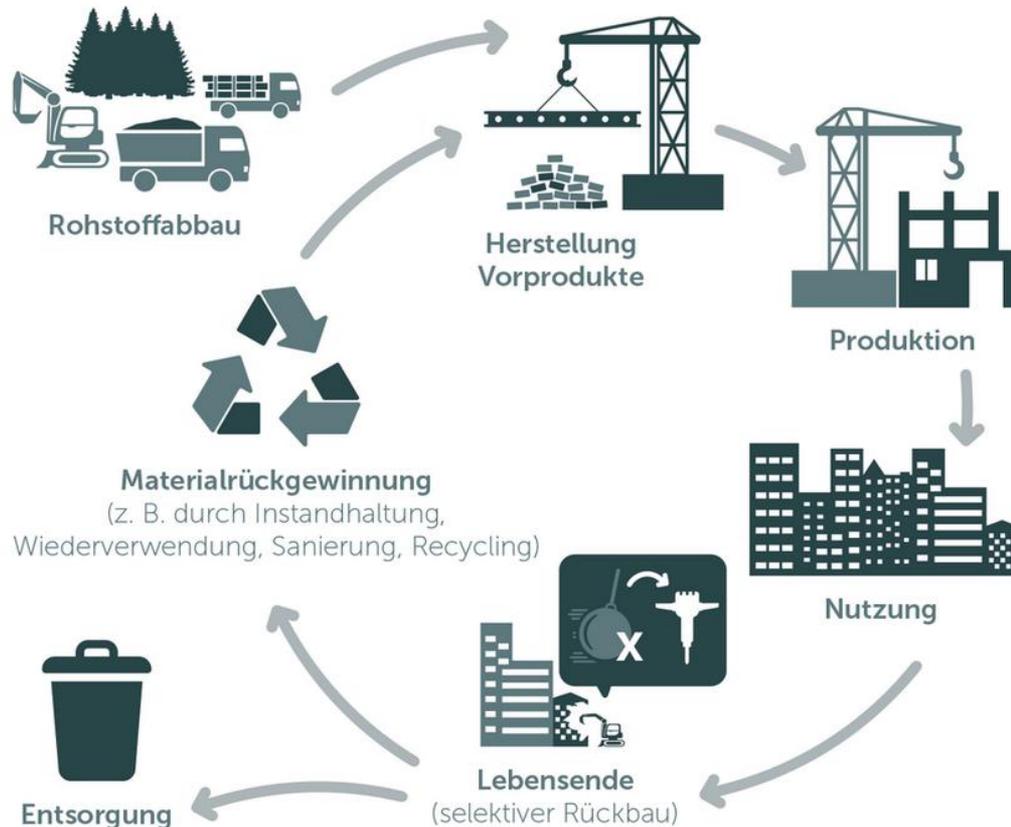


Motivation und Zielsetzung

Durch Mix an Förderung und CO₂-
Bepreisung Schaffung eines
klimafreundlichen Bauens und Wohnens

- ➔ Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)
- ➔ Förderung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz
- ➔ Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten (QNG)

Ökobilanz – Was ist das?



Ökobilanz
=
LCA
(Life-Cycle-
Assessment)
=
Lebenszyklus-
analyse

Verwendungsbandbreite

- ➔ LCA-Erstellung gemäß QNG für KfW-Förderung
- ➔ Erstellung von QNG-Siegeln
- ➔ NH-Klasse in der Sanierung (BEG WG)
- ➔ Ökobilanzierung von Nichtwohngebäuden

Lebenszyklusphasen

Lebenszyklusphasen eines Gebäudes nach DIN EN 15804

Modul A		Modul B	Modul C	Modul D
Herstellungsphase	Errichtungsphase	Nutzungsphase	Entsorgungsphase	Vorteile & Belastungen außerhalb der Systemgrenzen
A1 – A3	A4 – A5	B1 – B7	C1 – C4	D
A1 Rohstoffbereitstellung A2 Transport A3 Baustoffherstellung	A4 Transport A5 Bau / Einbau	B1 Nutzung B2 Instandhaltung B3 Reparatur B4 Ersatz B5 Umbau / Erneuerung	C1 Abbruch C2 Transport C3 Abfallbewirtschaftung C4 Deponierung	D Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs-, Recyclingpotenzial
		B6 Betrieblicher Energieeinsatz B7 Betrieblicher Wassereinsatz	GEG	

LCA nach DIN 15643

Lebenszyklusphasen eines Gebäudes nach DIN EN 15804

Modul A		Modul B	Modul C	Modul D
Herstellungsphase	Errichtungsphase	Nutzungsphase	Entsorgungsphase	Vorteile & Belastungen außerhalb der Systemgrenzen
A1 – A3	A4 – A5	B1 – B7	C1 – C4	D
<p>A1 Rohstoffbereitstellung</p> <p>A2 Transport</p> <p>A3 Baustoffherstellung</p>	<p>A4 Transport</p> <p>A5 Bau / Einbau</p>	<p>B1 Nutzung</p> <p>B2 Instandhaltung</p> <p>B3 Reparatur</p> <p>B4 Ersatz</p> <p>B5 Umbau / Erneuerung</p> <p>B6 Betrieblicher Energieeinsatz</p> <p>B7 Betrieblicher Wassereinsatz</p>	<p>C1 Abbruch</p> <p>C2 Transport</p> <p>C3 Abfallbewirtschaftung</p> <p>C4 Deponierung</p>	<p>D Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs-, Recyclingpotenzial</p>

Es werden nur ausgewählte Lebenszyklusphasen betrachtet!

Bezugsgrößen – Treibhauspotential GWP

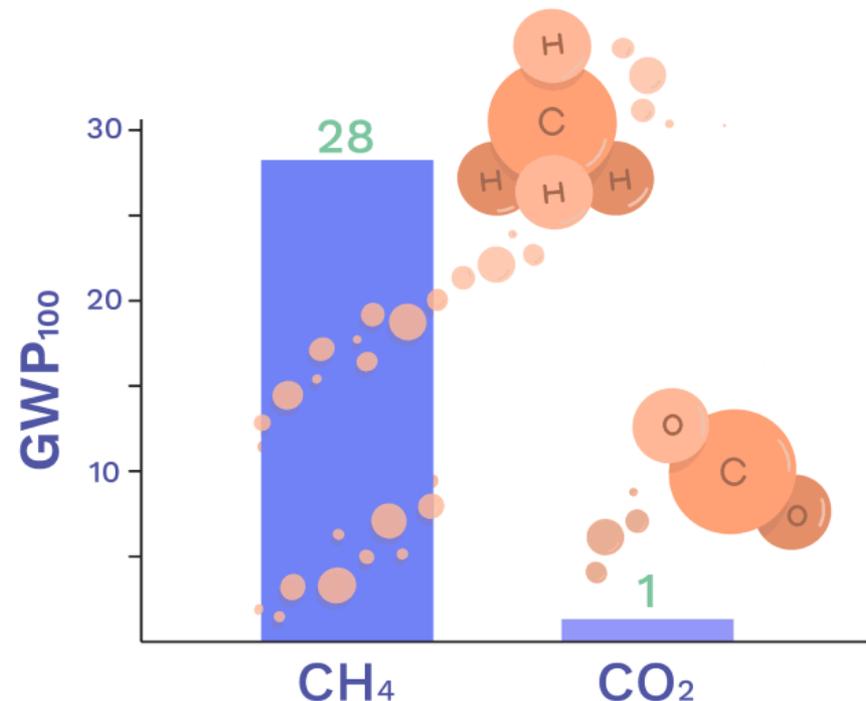
- engl. Global Warming Potential = GWP

GWP₁₀₀

Beitrag eines Stoffes
zum Treibhauseffekt
gemittelt über einen
Zeitraum von 100
Jahren

Einheit:
CO₂-Äqu.

**Global Warming Potential₁₀₀
(GWP₁₀₀) of CO₂ and Methane**



Bezugsgrößen – PENRT

- engl. Primary Energy Non Renewable Total = PENRT

PENRT

Zur Herstellung des
Materials benötigter
nicht erneuerbarer
Primärenergieaufwand

Einheit:
MJ oder kWh

Umrechnung MJ ↔ kWh

$$\text{PENRT}[kWh] = \frac{\text{PENRT}[MJ]}{3,6}$$

Datengrundlage – Ökobaudat



<https://www.oekobaudat.de/>

Datensätze (Gesamtanzahl: 3 von 1358) (Seite 1 von 1)

Kategorienbrowser anzeigen ✕ Filter zurücksetzen

Name ↕	Verfüg. Sprachen	Kategorie ↕	Land / Region ↕	Gültig bis ↕	Datensatztyp ↕	Eigentümer ↕	Programmbetrieb
<input type="text" value="Mauerziegel"/>	aus ▾	<input type="text" value="Suche..."/>	▾	▾	auswähler ▾	<input type="text" value="Suche..."/>	
Mauerziegel (mit Dämmstoff gefüllt)	en de	1.3.02 Mineralische Baustoffe / Steine und Elemente / Ziegel	DE	2026	average dataset	Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.	Institut Bauen und Umwelt e. V.
Mauerziegel (ungefüllt)	en de	1.3.02 Mineralische Baustoffe / Steine und Elemente / Ziegel	DE	2026	average dataset	Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.	Institut Bauen und Umwelt e. V.

Indikator ↕	Einheit ↕
Globales Erwärmungspotenzial total (GWP-total)	kg CO ₂ -Äq.

Indikator ↕	Richtung ↕	Ein
Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT)	Input	

Indikator ↕	Einheit ↕	Herstellung A1-A3
Globales Erwärmungspotenzial total (GWP-total)	kg CO ₂ -Äq.	113

Recyclingpotential D	Recyclingpotential D S1
-1.46	-1.06
Recyclingpotential D	Recyclingpotential D S1
-19.1	-15.1

Datengrundlage – Rechenwerttabelle

- Für Berechnung nach QNG-Rechenregeln muss Rechenwerttabelle benutzt werden
- Hierin sind nur generische Datensätze
- Reduzierung auf rund 400 Datensätze

1	Teil A: Tabelle 1.1. Rechenwerte für Bauprodukte		
2	CODE	Datensatzbezeichner	Teil
3			De
4			rte
5			Ein
6	1 Mineralische Materialien, Bauprodukte, Bauteile		
7	1.1	Kies 2/32	kg
8	1.2	Kies 2/32 getrocknet	kg
9	1.3	Sand 0/2	kg
10	1.4	Sand 0/2 getrocknet	kg
11	1.5	Brechsand 0/2	kg
12	1.6	Brechsand 0/2 (getrocknet)	kg
13	1.7	Schotter 16/32	kg
14	1.8	Schotter 16/32 (getrocknet)	kg
15	1.9	Splitt 2/15	kg
16	1.10	Splitt 2/15 (getrocknet)	kg
17	1.11	Lehmpulver	kg
18	1.12	Lehmstein	m ³
19	1.13	Stampflehmwand	m ³
20	1.14	Mauerziegel	m ³
21	1.15	Mauerziegel (Dämmstoff gefüllt)	m ³



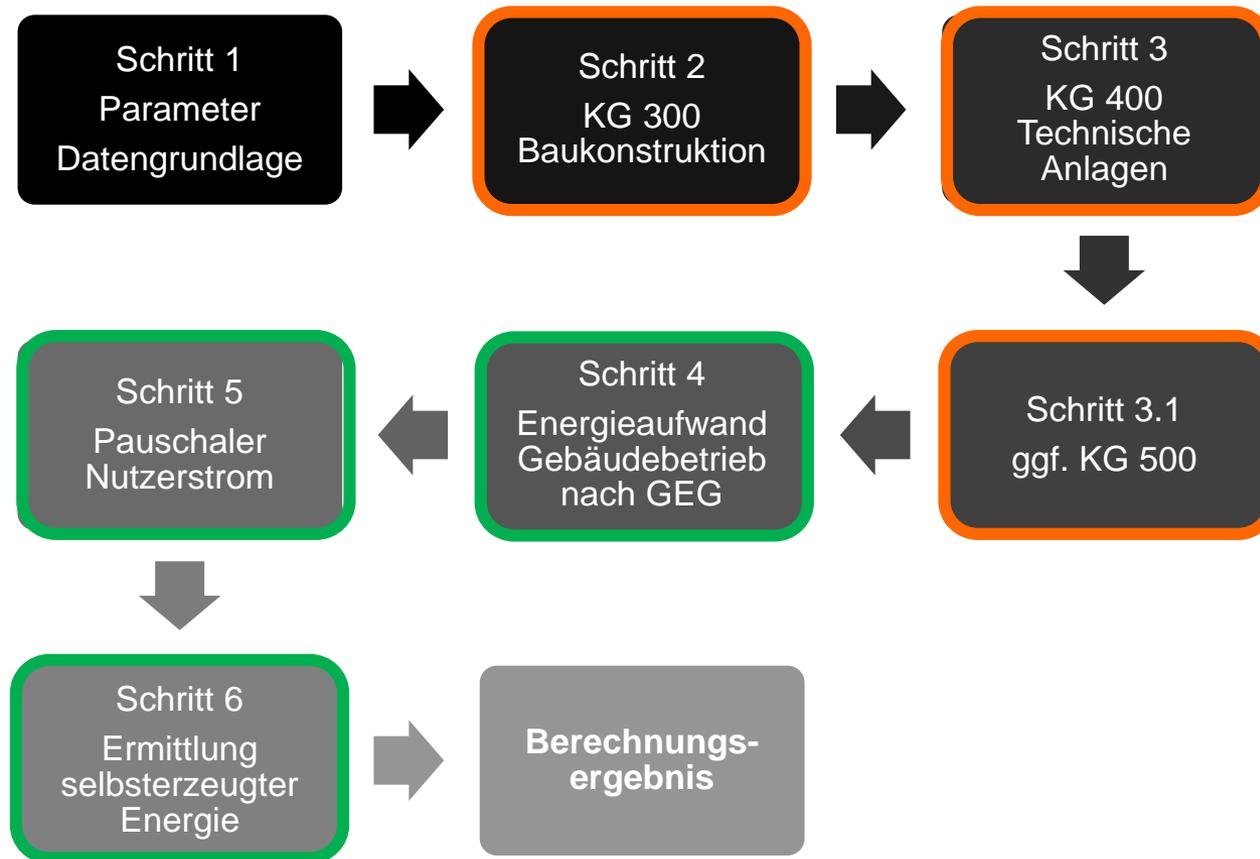
Suchwort 1	Suchwort 2	Suchwort 3
zeichner	Materialgruppe	Funktion am und im Gebäude
es 2/32	Kies	Aushub
es 2/32 getrocknet	Kies getrocknet	Schüttung
nd 0/2	Sand	Aushub
nd 0/2 getrocknet	Sand getrocknet	Schüttung
echsand 0/2	Brechsand	Aushub
echsand 0/2 getrocknet	Brechsand getrocknet	Schüttung
hotter 16/32	Schotter	Aushub
hotter 16/32 (getrocknet)	Schotter getrocknet	Schüttung
litt 2/15	Splitt	Aushub
litt 2/15 (getrocknet)	Splitt getrocknet	Schüttung
hmpulver	Lehm	Mörtel
hmstein	Lehm	Mauerstein
ampflehmwand	Lehm	Mauer
auerziegel	Ziegel	Mauerstein
auerziegel (Dämmstoff gefüllt)	Ziegel	Mauerstein

Kennwerte LCA nach QNG-Handbuch

Förderstufe	EH 40?	GWP ₁₀₀	PERNT
KFWG	Ja	≤24 kg CO ₂ -Äqu./((m ² a)	-
KFWG-Q QNG-Plus	Ja	≤24 kg CO ₂ -Äqu./((m ² a)	≤96 kWh/m ² *a
KFWG-Q QNG-Premium	Ja	≤20 kg CO ₂ -Äqu./((m ² a)	≤64 kWh/m ² *a

- ➔ QNG-Plus und QNG-Premium haben identische Förderstufen
- ➔ Bei KFWG wird LCA durch niemanden kontrolliert
- ➔ Bei KFWG-Q wird LCA durch Siegelstellen kontrolliert

Ablauf LCA-Bilanzierung nach QNG-Handbuch



Legende:

Bauwerk

Betrieb

Schritt 1:

Parameter & Datengrundlage

1. Betrachtungszeitraum **50 Jahre**
2. Datensätze für GWP100 und PENRT aus **aktueller Rechenwerttabelle** auf Grundlage der ÖKOBAUDAT
3. **Bezugsflächen** sind:
 - Endenergieberechnung nach GEG → A_N (Gebäudenutzfläche)
 - LCA → **NRF (R)** (Nettoraumfläche nach DIN 277: 2021-08),
Achtung: umfasst unbeheizte Gebäudeteile, wie Keller und ggf. Garagen
4. Konkreter **Projektstandort** → nötig für die PV-Berechnung

Schritt 2:

KG 300 - Baukonstruktion

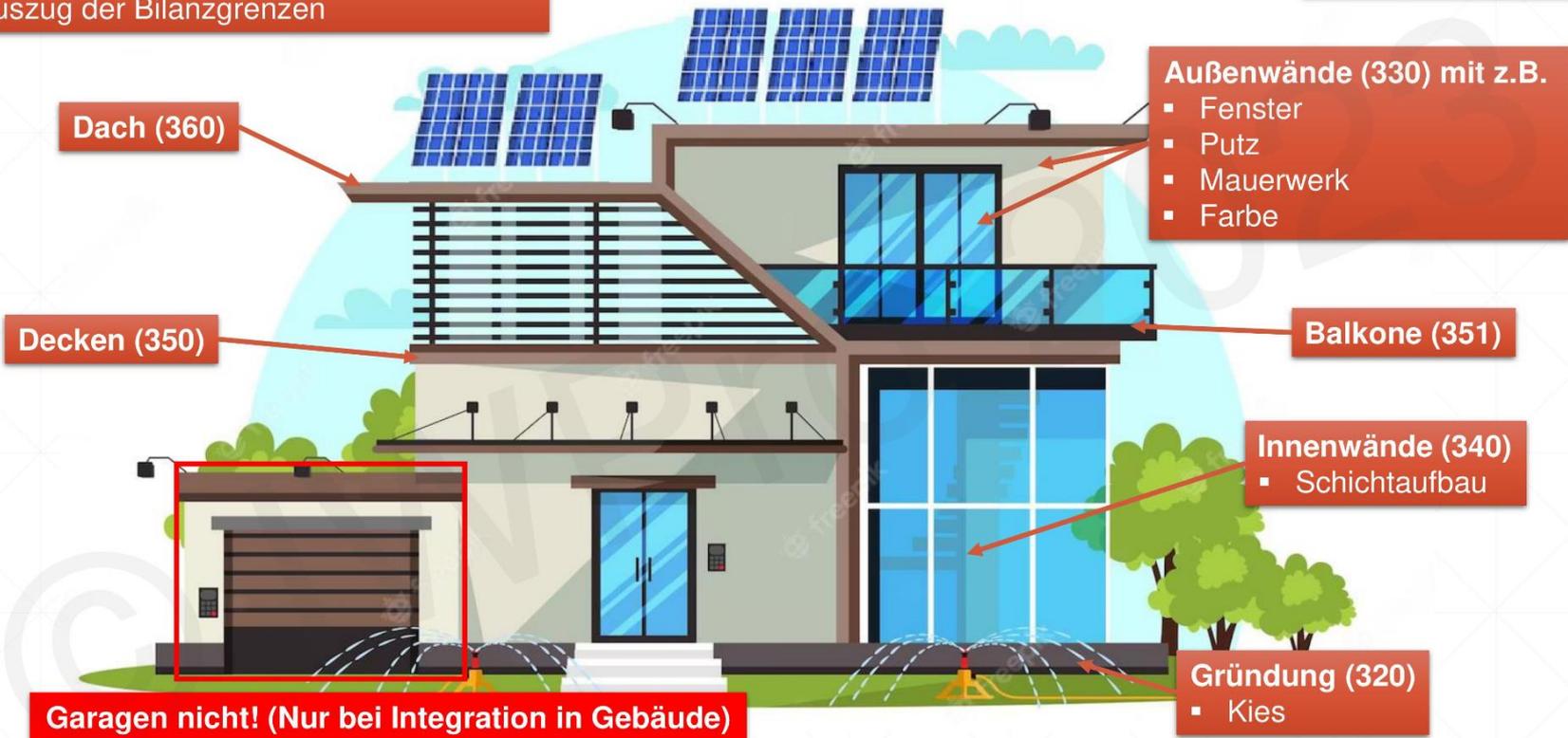
- Alle **Außen- und Innenbauteile** müssen mit **sämtlichen Schichten** berücksichtigt werden, auch jene, die für energetische Bilanzierung nicht relevant sind (z.B. Bodenbeläge, Farben, Handläufe etc.)
- Abbildungstiefe:
 - Kleinstmengen unter 1kg vernachlässigbar
 - Keine Berücksichtigung, wenn unter 1% Masse und PERNET und GWP100
 - Insgesamt dürfen nicht mehr als 5% vernachlässig werden

Schritt 2:

KG 300 - Baukonstruktion

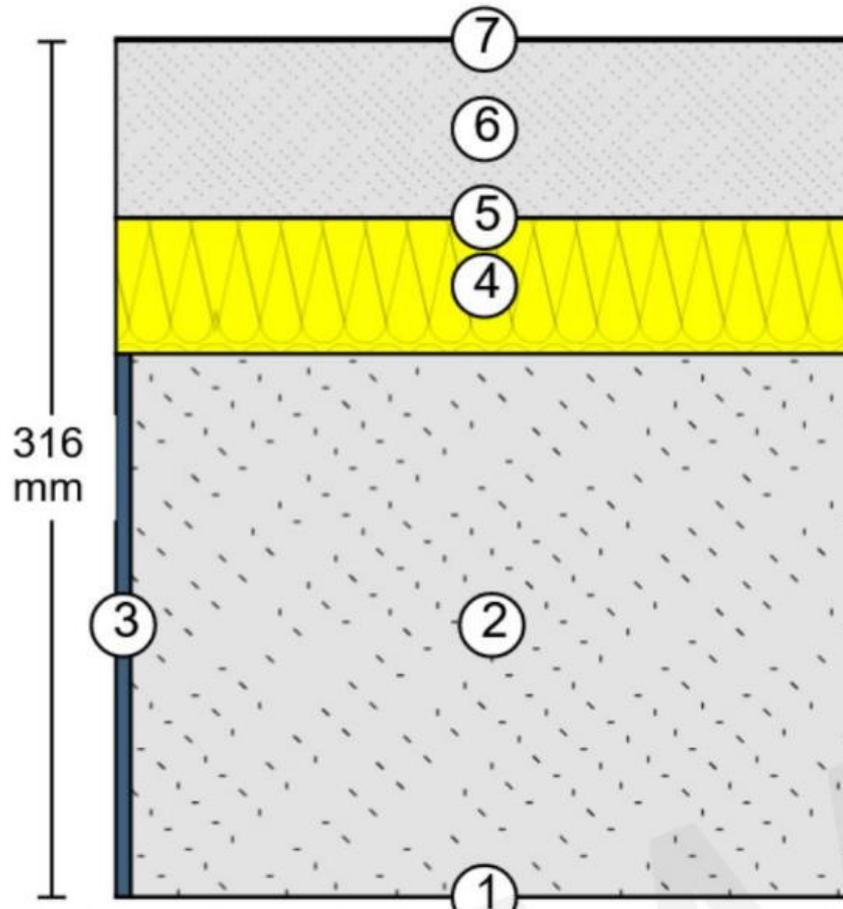
KG 300 – Bauwerk: Baukonstruktionen
Auszug der Bilanzgrenzen

A1-A3, B4, C3-C4



Schritt 2:

KG 300 - Baukonstruktion



1. Innenfarbe (Dispersion)
2. Transportbeton C20/25
3. Bewehrungsstahl
4. EPS Dämmung
5. Dampfbremse
6. Zementestrich
7. Teppichboden

Nutzungsdauern

- Nutzungsdauern, und damit Austauschzyklen, werden aus der Tabelle „**Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalyse nach BNB**“, Stand 24.02.2017 des BBSR angesetzt

	330 Außenwände	331 Tragende Außenwände			
331.111			Mauerwerkswand	≥ 50	0
331.211			Betonwand	≥ 50	0
331.311			Holzwand	≥ 50	0
331.411			Stahlbauwand	≥ 50	0
331.511			Lehmbauwand	≥ 50	0
331.611			Formsteine mit Betonfüllung	≥ 50	0
	350 Decken	352 Deckenbeläge			
352.411			keramische Fliesen und Platten: Feinsteinzeug, Steinzeug, Steingut, Spaltplatten, Glasmosaik	≥ 50	0
352.511			Gussböden: Kunstharz	30	1
352.512			Gussböden: Terrazzo	≥ 50	0
352.611			textile Beläge: Baumwolle, Wolle, Synthetikfaser, Sisal, Naturfasergemisch, Jute, Naturfasergemisch, Kokos	10	4
352.711			Linoleum, Laminat, PVC, Kunststoff-Parkett, Kork, Kautschuk, Sporthallenbeläge	20	2
352.811			Vollholzparkett, Holzdielen, Holzpflaster	≥ 50	0

Nutzungsdauern - Beispiel

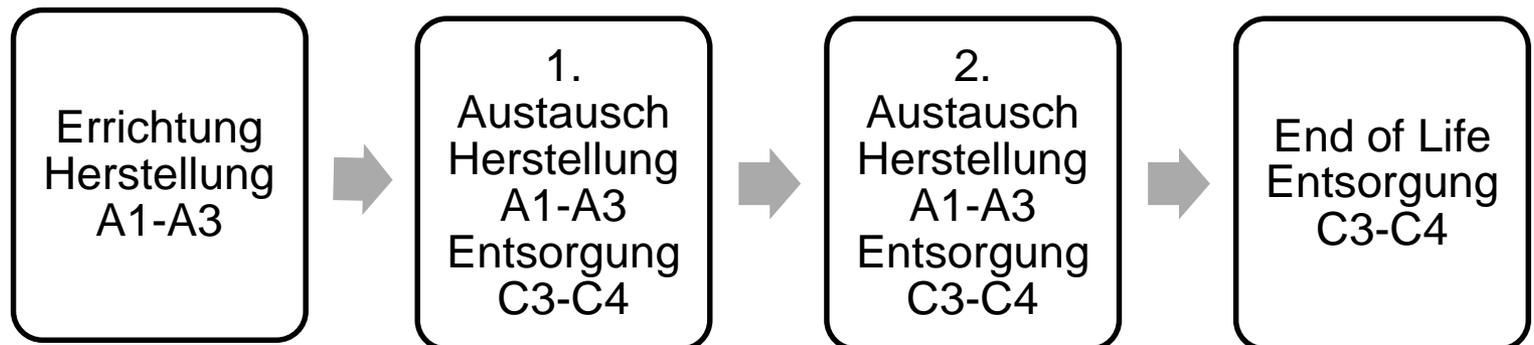
1. Ziegel

→ Austauschzyklus: 0

→ 1-malige Bilanzierung (für Errichtung und End of Life)

2. Laminat

→ Austauschzyklus: 2



→ 3-malige Bilanzierung

Schritt 3:

KG 400 – Technische Anlagen

KG 400 – Bauwerk: Technische Anlagen
Auszug der Bilanzgrenzen

A1-A3, B4, C3-C4

Elektrische Anlagen
(440)

Abwasser- und Wasseranlagen
(410)

Lüftungstechnische
Anlagen (430)

Wärmeversorgungsanlagen
(420)

Sockelbetrag umfasst u.a.

- Steig- und Fallrohre Wasser
- Sanitärobjekte
- Rohrsystem Heizung
- Elektrische Verteilungsleitungen (Klingelanlagen etc.)

Schritt 3:

KG 400 – Technische Anlagen

1. Sockelbeitrag → abhängig von Q_p

Energetischer Standard	Sockelbeitrag für Bilanzgrößen Module A1-A3, B4, C3 und C4			
	Q_p in % von $Q_{P,Ref}^{15}$	PE ne in MJ/m ² NRF(R)*a	PE ne kWh/m ² NRF(R)*a	kg CO ₂ Äqui./ m ² NRF(R)*a
> 40		16,20	4,50	1,20
≤ 40		16,92	4,70	1,30

2. Weitere Anlagenteile z.B. Wärme- erzeugungsanlage, Lüftungsanlage, PV-Anlage, ...

KG 421 Wärmeerzeugungsanlagen

Komponente	CODE ¹⁶	Austausch- zyklus ¹⁷
Gas-Brennwertgerät < 20 kW (Wandgerät)	10.1	2
Gas-Brennwertgerät 20-120 kW (Standgerät)	10.3	2
Gas-Brennwertgerät 120-400 kW (Standgerät)	10.2	2
Gas-Niedertemperaturgerät 20-120 kW (Standgerät)	10.4	2

Schritt 3.1 : KG 500 – Außenanlagen und Freiflächen

KG 500 ist dann zu berücksichtigen, wenn sie zur Aufrechterhaltung des Gebäudebetriebs zwingend erforderlich ist

Beispiele:

- PV-Anlagen
- Wärmeerzeugungsanlagen
- Stromversorgungsleitungen
- Brunnenanlagen
- Zisternen
- Häusliche Kläranlagen
- Fundamente von Wärmepumpen

Schritt 4 : Energieaufwand Gebäudebetrieb nach GEG

Grundlage: Jahres-Endenergiebedarf für Strom
und Wärme nach GEG-Berechnung

- Heizung und Warmwassererzeugung
- Lüftungsanlage
- Weitere Hilfsenergien
- Endenergiebedarf muss heizwertbezogen angegeben werden
- Werte zu GWP/PENRT des jeweiligen Energieträgers müssen aus Rechenwerttabelle entnommen werden

Schritt 5: Pauschaler Nutzerstrom – Modul B6.3

- Wird **pauschal** mit **20 kWh pro m² beheizter NRF und Jahr berechnet**
- Ausstattung mit hocheffizienten Haushaltsgeräten wird vorausgesetzt, jedoch nicht überprüft
- Strom muss mit **Primärenergie- und Emissionsfaktoren für „Strommix“ der Rechenwerttabelle** berücksichtigt werden!
- Es werden explizit **keine Ökostrom-Verträge** o.ä. von Nutzern berücksichtigt

Schritt 6: Ermittlung selbsterzeugter Energie

- **Berechnung des jährlichen Stromertrags nach DIN 18599-9** mit tatsächlichem Projektstandort, Ausrichtung, Verschattung, Zelltyp, etc.
 - **Kein Ansatz der Werte aus der GEG-Berechnung**
- **Berechnung selbstgenutzter und eingespeister Stromertrag nach DIN 18599-9**
- **Berechnung und Aufteilung der Treibhausgasemissionen GWP/ PENRT**
- Beispiel: 40% selbstgenutzt, 60% eingespeist
 - 40% des erzeugten Stromertrags wird in Modul B6.1 (Betrieb) angerechnet
 - nur 40% des GWP/PENRT für Herstellung, Austausch und Entsorgung müssen in Gebäudebilanz einbezogen werden
 - 60% Einspeisung wird in Modul D ausgewiesen, ist aber bilanziell irrelevant

Eingabe in Software



Flächen und
Dicken über
Gebäude-
Modell definieren

Schichtaufbauten für alle Bauteile innen
und außen.
Achtung: auch diejenigen, die nicht für die
GEG relevant sind!

Schichtaufbau

AW MZ 65 - 42,5cm

Gefach

Homogener Aufbau: Homogener Schichtaufbau

Schichtenaufbau (von warm nach kalt)

Nr.	Bezeichnung	d (cm)	λ	R	μ_1	μ_2	ρ	c_p
1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hyc	1,50	1,000	0,015	15	35	1800	1,00
2	ThermoPlan MZ65	42,50	0,065	6,538	5	10	550	1,00
3	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hyc	2,00	1,000	0,020	15	35	1800	1,00

U-Wert: 0,148 W/(m²K)

Ergebnisse

Dicke: 46,00 cm
U-Wert: 0,148 W/(m²K)

Flächenbezogene Gesamtmasse: 296,8 kg/m²

Wirksame Wärmespeicherkapazität:

- 3cm / 10cm: 27,00 / 27,00 kJ/(m²K)
- EN ISO 13786: 36,7 kJ/(m²K)

3D-Ansicht Temperatur DIN 4108-3 EN ISO 13788

Übernehmen Abbrechen

Eingabe in Software

Kombinierte Baustoffe

Baustoffe/-materialien	Dichte ρ [kg/m ³]	EPD-Zuordnung	Bezugsmenge	Bezugseinheit	Masse [kg]	Details	Nutzungsdauer
Fliesen	2300	6 Bodenbelag / 6.17 Keramische Fliesen und Platten	68,29	m ²	1273,64		50
Zement-Estrich	2000	6 Bodenbelag / 6.4 Zementestrich	40544,51	kg	40544,51		50
Polyethylenfolie 0,25 mm (DIN 12524)	960	4 Abdichtungen, Schutzschichten, Dachdeckungen / 4.20 Dampfbremse PE (Dicke 0,2 mm)	421,82	m ²	84,36		40
EPS 045 Bodenplatte	30	5 Dämmstoffe / 5.45 EPS-Hartschaum für Decken/Böden und als Perimeterdämmung B/P WLG 040	5,39	m ³	99,68		40
EPS 035 Bodenplatte	30	5 Dämmstoffe / 5.44 EPS-Hartschaum für Decken/Böden und als Perimeterdämmung B/P WLG 035	7,70	m ³	199,35		40
Bitumendachbahn (DIN 52128)	1200	4 Abdichtungen, Schutzschichten, Dachdeckungen / 4.7 Bitumenbahnen V 60 (Dicke 5 mm)	132,90	m ²	664,51		30
Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524) - Bodenplatte	2400	1 Mineralische Materialien, Bauprodukte, Bauteile / 1.29 Transportbeton C20/25	28,16	m ³	66450,60		50
XPS 038 Bodenplatte	40	5 Dämmstoffe / 5.51 XPS-Dämmstoff	30,46	m ³	974,61		40
Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk - Innenputz	1800	7 Ausbau -Außen -Innen / 7.13 Gipsputz (Gips-Kalk-Putz)	19,26	m ²	17337,47		50
ThermoPlan MZ65	550	1 Mineralische Materialien, Bauprodukte, Bauteile / 1.15 Mauerziegel (Dämmstoff gefüllt)	79,56	m ³	45745,11		50
Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk - Außenputz	1800	7 Ausbau -Außen -Innen / 7.7 Kalkzement Putzmörtel	3,91	m ³	7045,24		50
2.11.8 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 3/0,5/0,8 -Kellerfenster - Rahmen	0	9 transluzente Bauteile, Fenster, Türen, Tore / 9.22 Flügelrahmen PVC-U	9,60	m	29,76		40
2.11.8 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 3/0,5/0,8 -Kellerfenster - Verglasung	0	9 transluzente Bauteile, Fenster, Türen, Tore / 9.4 Dreifachverglasung (Dicke 3,6 cm)	2,24	m ²	67,20		30



Bezeichnung
Baustoff



Zuordnung
Rechenwerttabelle



Bezugs-
menge



Nutzungs-
dauer

Eingabe in Software

Anlagenkomponente

Endenergiebedarfe

Energetischer Standard des Gebäudes (für die Ermittlung des pauschalen Sockelbetrags)

Q_{pref} > 40% | Q_{pref} ≤ 40%

Strombedarf pauschal 20 kWh pro m² beheizter Netto-Raumfläche
b.8 Nutzung - 1 kWh nationaler Netzstrommix 5334 kWh/a

Endenergiebedarf (heizwertbezogen)

Strom-Mix b.8 Nutzung - 1 kWh nationaler Netzstrommix 6635 kWh/a

+ Hinzufügen

Wärmeerzeuger

Anlage

Bezeichnung Abluft-Wärmepumpe

EPD-Zuordnung 10.28 Stromwärmepumpe (Sole-Wasser, Erdkollektor) 10 kW

Menge 1,00 Stk.

Nutzungsdauer 20 Jahre

F-Gas eingeben

Lüftung

Anlage

Bezeichnung Wohnungslüftungsanlage Zu- und Abluft WRG66

EPD-Zuordnung 10.40 Lüfter dezentral mit WRG (Wand & Decke) 60 m³/h

Menge 1,00 Stk.

Nutzungsdauer 20 Jahre

Sonstiges

Anlagenkomponente

Bezeichnung Warmwasserspeicher

EPD-Zuordnung 10.69 Pufferspeicher (Edelstahl)

Menge 1 kg

Nutzungsdauer 20 Jahre

PV-Anlage

Anlagenbezeichnung PV-Anlage aus HottCAD

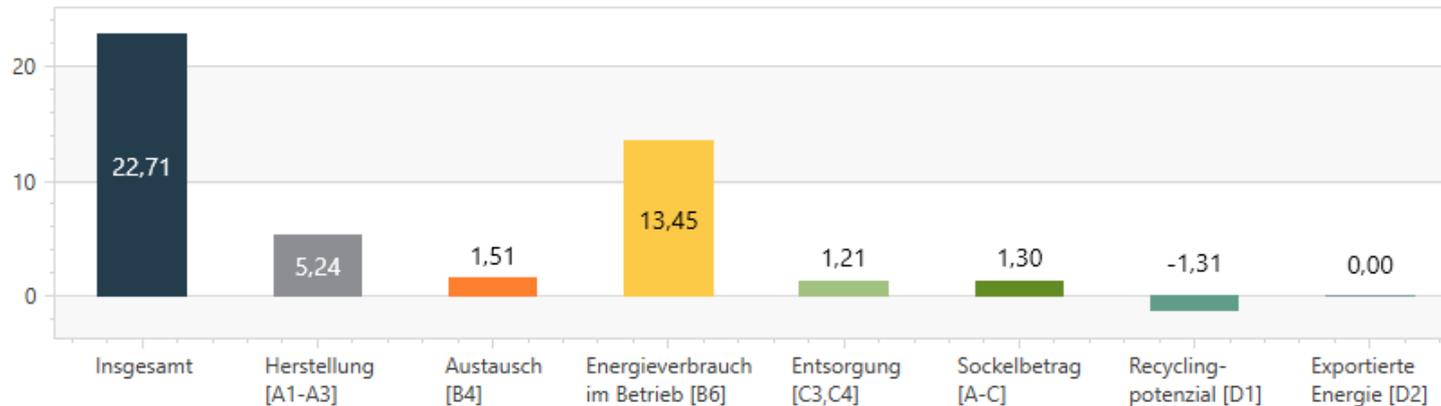
Sonstiges

Anlagenkomponente

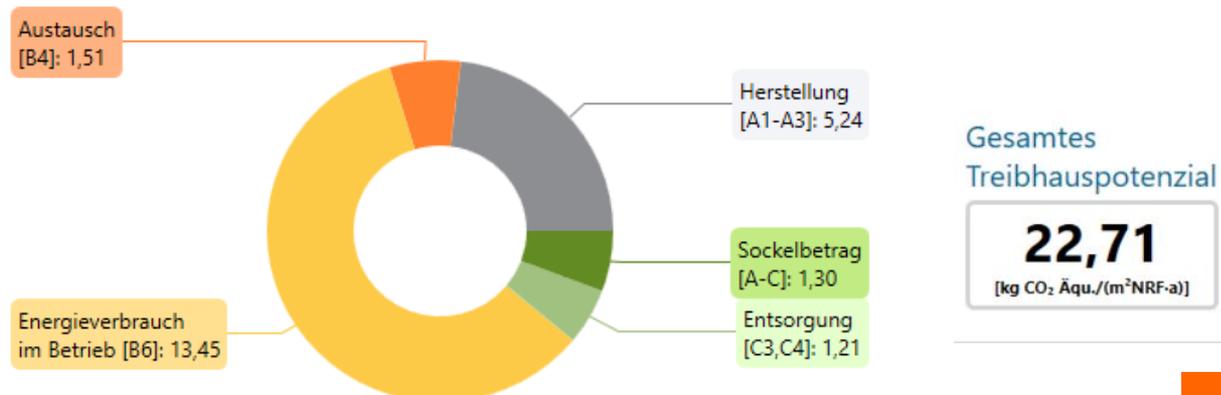
Berechnungsergebnis - Übersicht

Treibhauspotenzial GWP

[kg CO₂ Äqu./ (m²NRF-a)]



Emissionen



Berechnungsergebnis – tabellarisch

KG	Bauprodukt	Zuordnung	GWP	PENRT
320	XPS Bodenplatte	5.51.	0,687	2,539
320	Zement Estrich	6.4.	0,423	0,845
320	Beton Bodenplatte	1.29.	0,362	0,489
320	EPS 035 Bodenplatte	5.44.	0,13	0,503
320	Bewehrung Bodenplatte	2.6.	0,072	0,257
320	EPS 045 Bodenplatte	5.45.	0,065	0,251
320	Fliesen	6.17.	0,048	0,224
320	Polyethylenfolie 0,25mm	4.20.	0,042	0,168
320	Bitumendachbahn	4.7.	0,034	0,744
320	Kies Gründung	1.1.	0,034	0,744
330	ThermoPlan MZ65	1.5.	0,669	2,108
330	Beton Kellerwände	1.31.	0,595	1,016
330	Wärmeschutzverglasung EG+OG - Scheiben	9.4.	0,241	0,789
330	Wärmeschutzverglasung EG+OG - Rahmen	9.22.	0,237	0,793
330	Polystyrol Perimeterdämmung	5.44.	0,199	0,768
330	Außenputz	7.7.	0,105	0,243
330	Farbanstrich	8.5.	0,047	0,239
330	Fensterbeschläge	9.34.	0,045	0,176
330	Mauermörtel	7.9.	0,025	0,029
330	Bad- und Küchenfliesen	6.17.	0,021	0,098
330	Haustüre - Stahl	2.8.	0,019	0,049
330	Innenfarbe	8.8.	0,018	0,11
330	Fensterbank außen	2.14.	0,016	0,062
330	Fensterbank Innen	3.7.	0,016	0,062
330	Kellerfenster - Verglasung	9.4.	0,014	0,047
330	Kellerfenster - Rahmen	9.22.	0,014	0,047
330	Silikonierung	4.29.	0,005	0,02
330	Fenstergriffe	9.39.	0,004	0,018
340	HLZ B 16-08	1.14.	0,397	1,138
340	Innenputz	7.13.	0,184	0,647
350	Beton Zwischendecke	1.31.	1,151	1,966

Auflistung aller
Baustoffe mit
Angabe GWP und
PENRT

Berechnungsergebnis – aufsteigend nach GWP

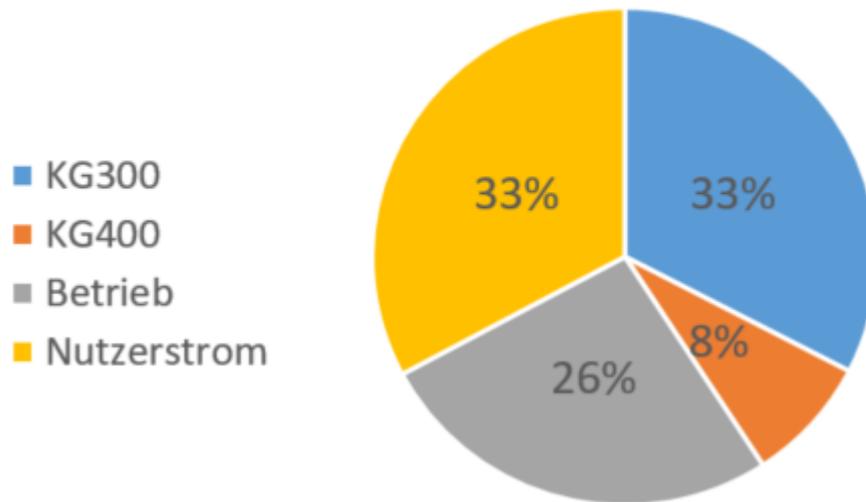
KG	Bauprodukt	Zuordnung	GWP	PENRT
Summe			22,71	76,26
600	Strom + Wärme (Heizen + Warmwasser)		9,27	32,45
600	Nutzerstrom		7,45	26,09
400	Sockelbetrag		1,3	4,7
350	Beton Zwischendecke	1.31.	1,151	1,966
320	XPS Bodenplatte	5.51.	0,687	2,539
330	ThermoPlan MZ65	1.5.	0,669	2,108
330	Beton Kellerwände	1.31.	0,595	1,016
350	Beton oberste Geschossdecke	1.31.	0,502	0,857
400	PV-Anlage (anteilig)		0,48	1,73
320	Zement Estrich	6.4.	0,423	0,845
350	EPS 032 oberste Geschossdecke	5.46.	0,409	1,536
340	HLZ B 16-08	1.14.	0,397	1,138
320	Beton Bodenplatte	1.29.	0,362	0,489
330	Wärmeschutzverglasung EG+OG - Scheiben	9.4.	0,241	0,789
330	Wärmeschutzverglasung EG+OG - Rahmen	9.22.	0,237	0,793
330	Polystyrol Perimeterdämmung	5.44.	0,199	0,768
340	Innenputz	7.13.	0,184	0,647
320	EPS 035 Bodenplatte	5.44.	0,13	0,503
350	EPS 035 Zwischendecke	5.46.	0,122	0,459
350	Massivparkett	6.21.	0,106	0,366
330	Außenputz	7.7.	0,105	0,243
360	Dachziegeln	4.2.	0,104	0,454
400	Großgeräte		0,08	0,42
350	Bitumenbahn	4.7.	0,077	1,678
320	Bewehrung Bodenplatte	2.6.	0,072	0,257
320	EPS 045 Bodenplatte	5.45.	0,065	0,251
320	Fliesen	6.17.	0,048	0,224

Einfluss der Heizenergie und des Nutzerstroms ist sehr groß

Einfluss der einzelnen Baustoffe ist eher gering

Berechnungsergebnis - grafisch

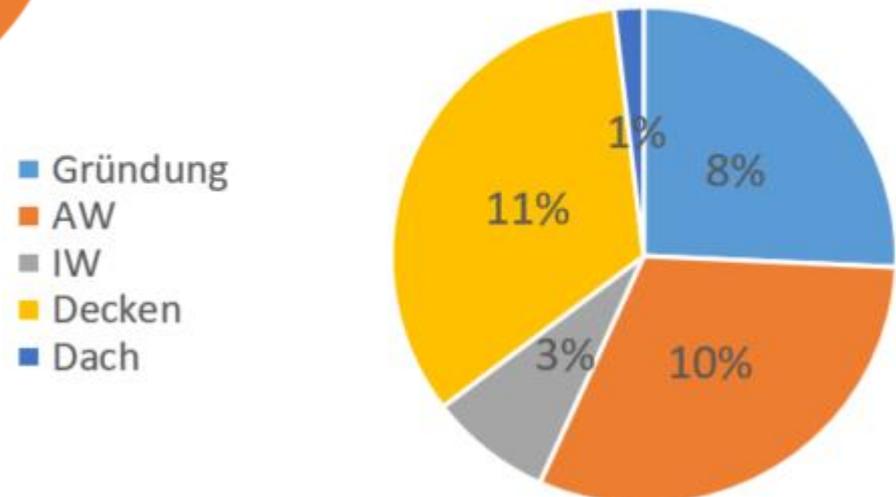
GWP-Verteilung im Gebäude



Die Baukonstruktion verursacht ca. 1/3 der Gesamtemission

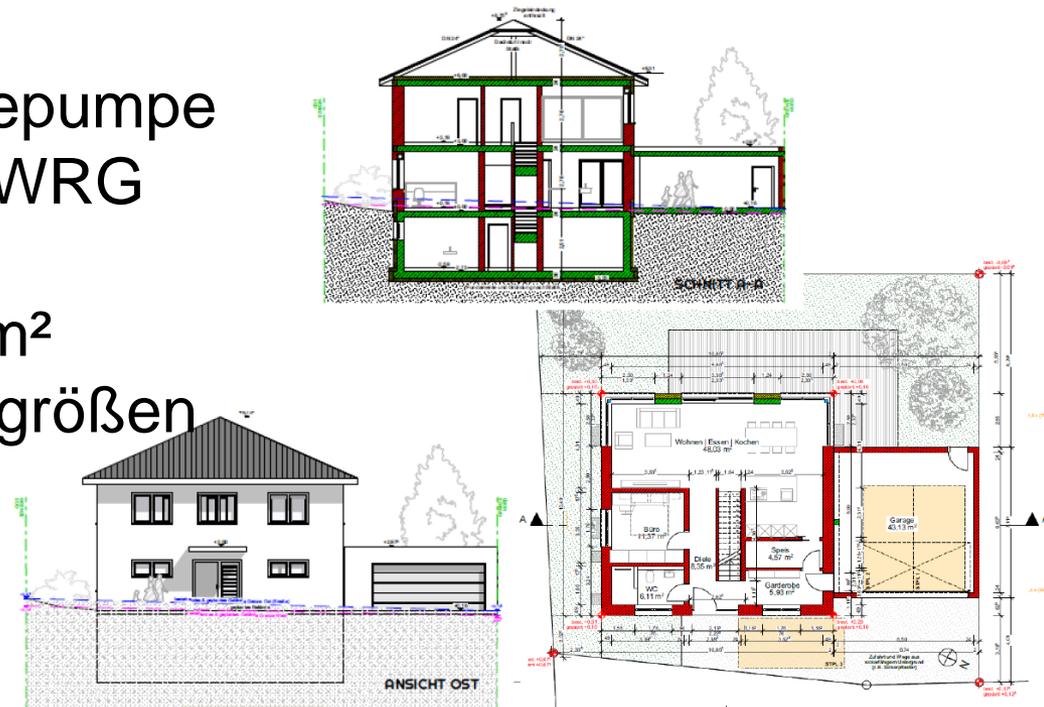
Außen- und Innenwände verursachen zusammen rund 13% der Gesamtemission

GWP-Verteilung in KG300



Beispielgebäude

- EFH mit Keller (beheizt)
- 2 Vollgeschosse
- Keller mit Beton + Dämmung
- Wasser-Sole-Wärmepumpe
- Lüftungsanlage mit WRG
- KfW-40-Standard
- PV-Anlage mit 14,8m²
- Geometrische Kenngrößen
 - $A_N=311,5 \text{ m}^2$
 - $A_{NRF}=380,7 \text{ m}^2$



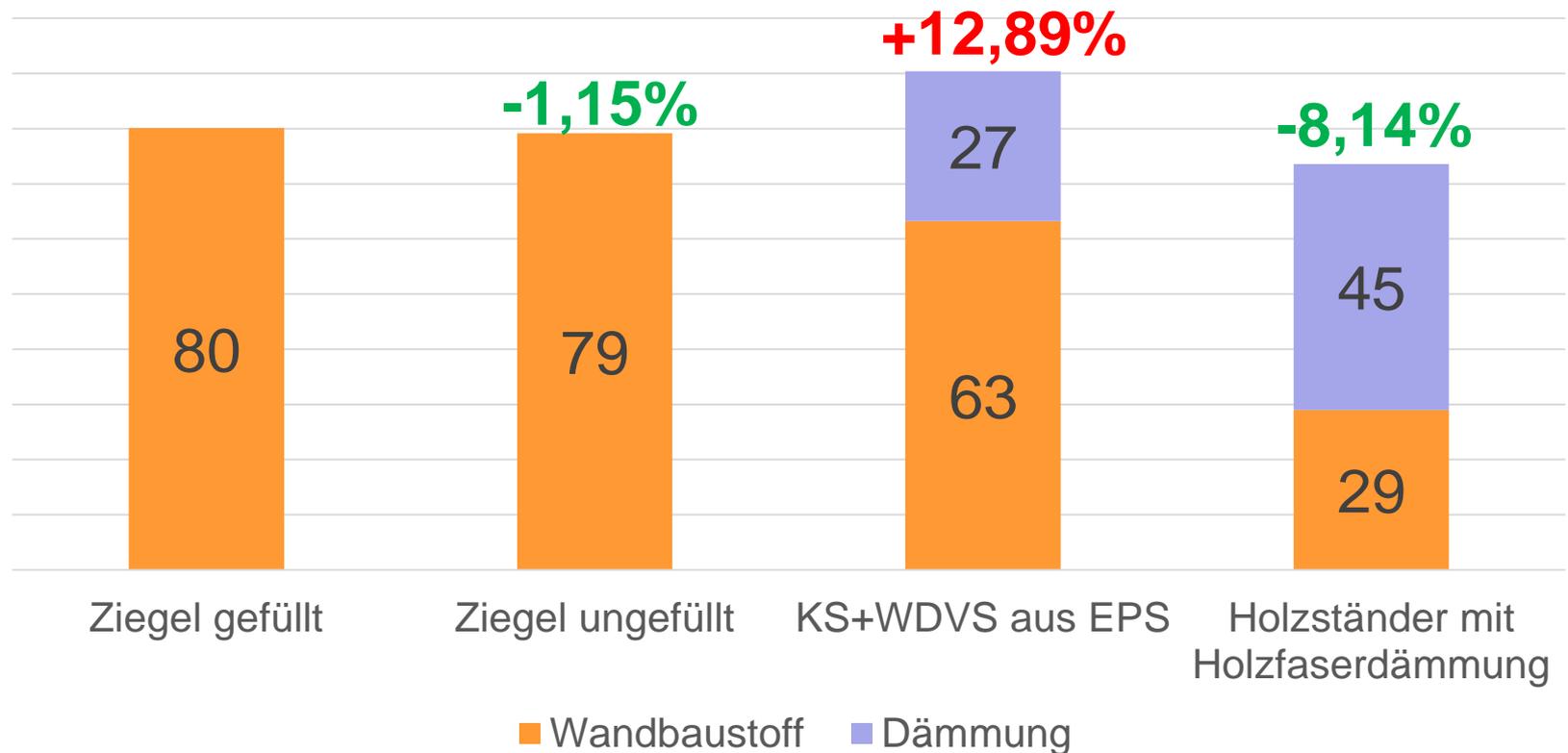
Betrachtung verschiedener Außenwand-Varianten

1. Außenwand MZ65 (gefüllt) in 42,5cm
Innenwände aus HLZ 16-0,8 in 11,5 – 24cm
2. Außenwand W75 (ungefüllt) in 50cm
Innenwände aus HLZ 16-0,8 in 11,5 – 24cm
3. Außenwände KS 20cm + WDVS (EPS) 22cm
Innenwände KS in 15cm
4. Holzrahmenbau mit 36cm Gesamtstärke,
28cm Holzfaserdämmung
Innenwände Ziegel

Die Außenwand hat in allen Varianten einen U-Wert von 0,148 W/m²K

GWP-Vergleich der Außenwand

GWP von Wandaufbauten pro m² und erreichtem U-Wert von 0,148 W/m²K



Vergleich im Gebäude

Variante	GWP [kg CO ₂ -Äqu./m ² a]	PENRT [kWh/m ² a]
MZ65, 42,5cm	22,71	76,25
W75, 50cm	22,70	76,13
KS+22cm WDVS	23,27	77,38
Holzrahmen	22,70	78,07

- ➔ Prinzipiell sind quasi alle Bauarten abbildbar
- ➔ In der Gesamtbilanz sind Ziegel und Holzständerbau oft ähnlich zu bewerten
- ➔ Kalksandstein und Porenbeton haben ökobilanziell die schlechtesten Werte bei Außenwandbaustoffen und müssen ggf. an anderer Stelle kompensiert werden.

Variante Innenwände aus Lehmsteinen

Nichttragende Innenwände werden aus Lehmsteinen anstatt Ziegeln hergestellt

➔ -23% GWP nach Rechenwerttabelle

Alle Innenwände werden mit Lehmputz versehen anstatt Gips-Kalk-Putz

➔ -35% GWP nach Rechenwerttabelle



Variante nichttragende Innenwände aus Lehmsteinen

Grundvariante – MZ65 42,5cm

Gesamtes
Treibhauspotenzial

22,71

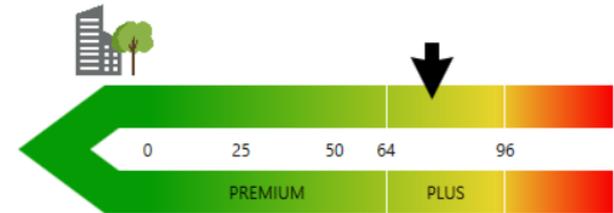
[kg CO₂ Äqu./(m²NRF-a)]



Gesamter Aufwand
an Primärenergie

76,26

[kWh/(m²NRF-a)]

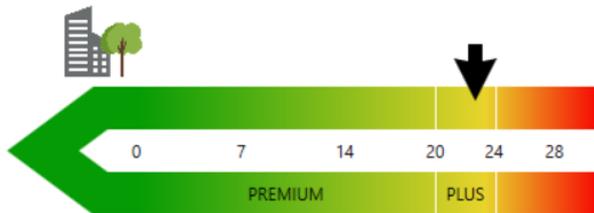


Variante nichttragende Lehmsteinwände – MZ65 42,5cm

Gesamtes
Treibhauspotenzial

22,29

[kg CO₂ Äqu./(m²NRF-a)]



Gesamter Aufwand
an Primärenergie

75,17

[kWh/(m²NRF-a)]



 **-1,85%**

 **-1,43%**

Variante WDVS mit Ziegel anstatt KS

Werte aus Rechenwerttabelle:

Produkt	Bezug	GWP ₁₀₀	PERNT
Mauerziegel	1.14	128,56 kg CO ₂ -Äqu./m ³	1327,74 MJ/m ³
Kalksandstein	1.19	319,57 kg CO ₂ -Äqu./m ³	2300,32 MJ/m ³

- ➔ Austausch der Außenwand mit 20cm KS (1600kg/m³) + 22cm WDVS gegen 17,5cm T18 + 20cm WDVS
- ➔ Austausch der Innenwände in 11,5cm bzw. 17,5cm KS (1000kg/m³) gegen HLZ-B-16-0,9 in 11,5 cm bis 24cm

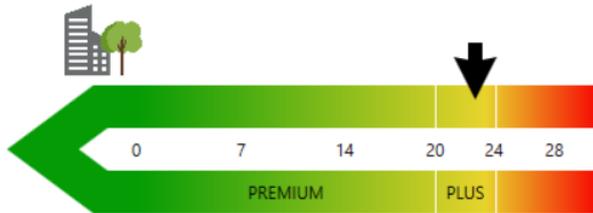
Variante WDVS mit Ziegeln

Grundvariante – KS + 22cm WDVS

Gesamtes
Treibhauspotenzial

23,27

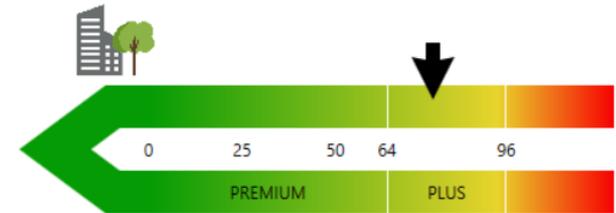
[kg CO₂ Aqu./(m²NRF-a)]



Gesamter Aufwand
an Primärenergie

77,38

[kWh/(m²NRF-a)]

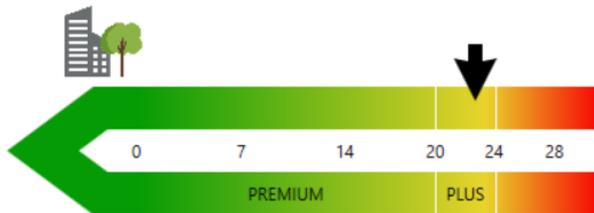


Variante Ziegel – T18 + 20cm WDVS, Innenwände Ziegel

Gesamtes
Treibhauspotenzial

22,67

[kg CO₂ Aqu./(m²NRF-a)]



Gesamter Aufwand
an Primärenergie

76,34

[kWh/(m²NRF-a)]



➔ **-2,58%**

➔ **-1,34%**

Variante EPD

UMWELT-PRODUKTDEKLARATION

nach ISO 14025 und EN 15804+A1

Deklarationsinhaber	Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.
Herausgeber	Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)
Programmhalter	Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)
Deklarationsnummer	EPD-BDZ-20210063-ICG1-DE
Ausstellungsdatum	04.08.2021
Gültig bis	03.08.2026

Mauerziegel (mit Dämmstoff gefüllt)

**Bundesverband der Deutschen
Ziegelindustrie e.V.**

www.ibu-epd.com | <https://epd-online.com>



UMWELT-PRODUKTDEKLARATION

nach ISO 14025 und EN 15804+A1

Deklarationsinhaber	Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V.
Herausgeber	Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)
Programmhalter	Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU)
Deklarationsnummer	EPD-BDZ-20210062-ICG1-DE
Ausstellungsdatum	04.08.2021
Gültig bis	03.08.2026

Mauerziegel (ungefüllt)

**Bundesverband der Deutschen
Ziegelindustrie e.V.**

www.ibu-epd.com | <https://epd-online.com>



Variante EPD

Quelle	GWP A1-A3 [kg CO ₂ -Äqu.]	GWP C3 [kg CO ₂ -Äqu.]	GWP C4 [kg CO ₂ -Äqu.]	GWP D1 [kg CO ₂ -Äqu.]	GWP _{Gesamt} [kg CO ₂ -Äqu.]
Rechenwert- tabelle ungefüllt	138,2939	-10,0576	0,3195	-7,0267	121,5291
EPD ungefüllt	113,0	-10,1	0,5	-1,06	102,34 -15,82%
Rechenwert- tabelle gefüllt	177,0001	-10,0625	0,3195	-6,9745	160,2826
EPD gefüllt	146,0	-10,1	0,912	-1,06	135,752 -15,30%

$$GWP_{gesamt} = \sum GWP_{A1-A3} + GWP_{C3} + GWP_{C4}$$

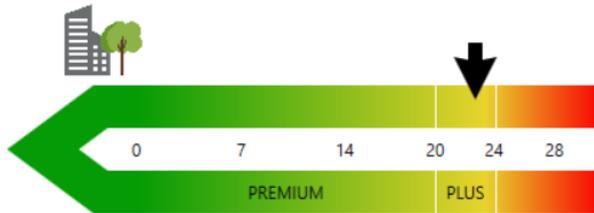
Variante EPD

Grundvariante – MZ65 42,5cm - Rechenwerttabelle

Gesamtes
Treibhauspotenzial

22,71

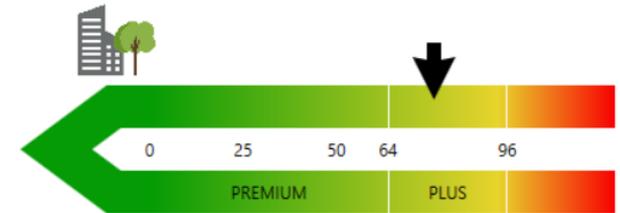
[kg CO₂ Äqu./(m²NRF-a)]



Gesamter Aufwand
an Primärenergie

76,26

[kWh/(m²NRF-a)]

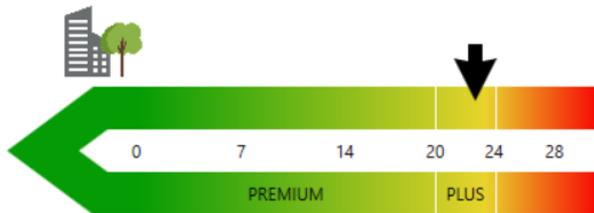


Variante EPD – MZ65 42,5cm – Werte aus EPD

Gesamtes
Treibhauspotenzial

22,49

[kg CO₂ Äqu./(m²NRF-a)]



Gesamter Aufwand
an Primärenergie

76,08

[kWh/(m²NRF-a)]



➔ **-0,99%**

➔ **-0,24%**

Variante PV-Anlage

Grundvariante:

8 PV-Module Süd-Ost,
→ 3,04 kW_{peak}



Variante Verdopplung:

je 8 PV-Module Süd-Ost & Süd-West
→ 6,08 kW_{peak}

Variante Maximalauslastung + Speicher:

Rückrechnung auf max. sinnvolle PV-Fläche +
Speicher
→ 10,66 kW_{peak} + 13kWh Batteriespeicher

Variante PV-Anlage

PV-Module

Dach 001/1, SO, 25°

PV-Modulauswahl

Canadian Solar Inc., CS3L-

Canadian Solar Inc.
CS3L-380MS HiKu (1500V)
380W
B=1,05 x H=1,77

Quermontage

21.12.2024 12:00



 154

 25

 0

 0

Neues Feld

Einsetzen

Löschen



Zusammenfassung

Feld: Feld 1

Typ: CS3L-380MS HiKu (1)

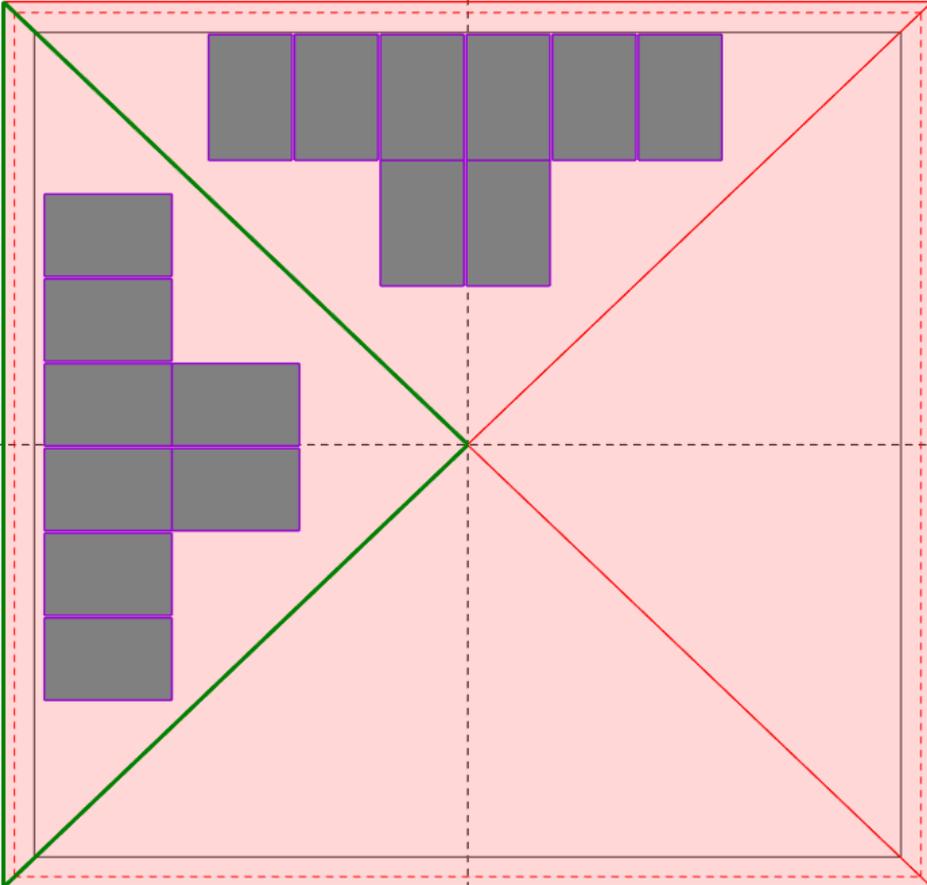
Hersteller: Canadian Solar Inc.

Anzahl: 8

Einzelleistung: 380

Gesamtleistung (W): 3040

Modultyp ändern



Es werden konkrete PV-Module mit Herstellerdaten, genauer Ausrichtung, Neigung und Standort berücksichtigt.

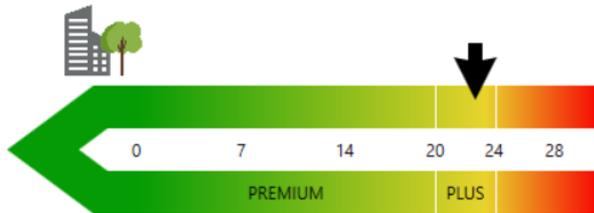
Variante PV-Anlage

Grundvariante – MZ65 42,5cm

Gesamtes
Treibhauspotenzial

22,71

[kg CO₂ Äqu./m²NRF-a]



Gesamter Aufwand
an Primärenergie

76,26

[kWh/m²NRF-a]



Variante PV-Verdopplung

Gesamtes
Treibhauspotenzial

21,03

[kg CO₂ Äqu./m²NRF-a]



Gesamter Aufwand
an Primärenergie

70,38

[kWh/m²NRF-a]



Variante PV-Maximierung + Speicher

Gesamtes
Treibhauspotenzial

17,07

[kg CO₂ Äqu./m²NRF-a]



Gesamter Aufwand
an Primärenergie

56,71

[kWh/m²NRF-a]



Variante „2226-Prinzip“

Durch Anwendung des „2226-Prinzip“ mit einer zweischaligen Außenwand kann Heiz- und Lüftungstechnik komplett entfallen.

Variante 1: 2 x 36,5cm W8



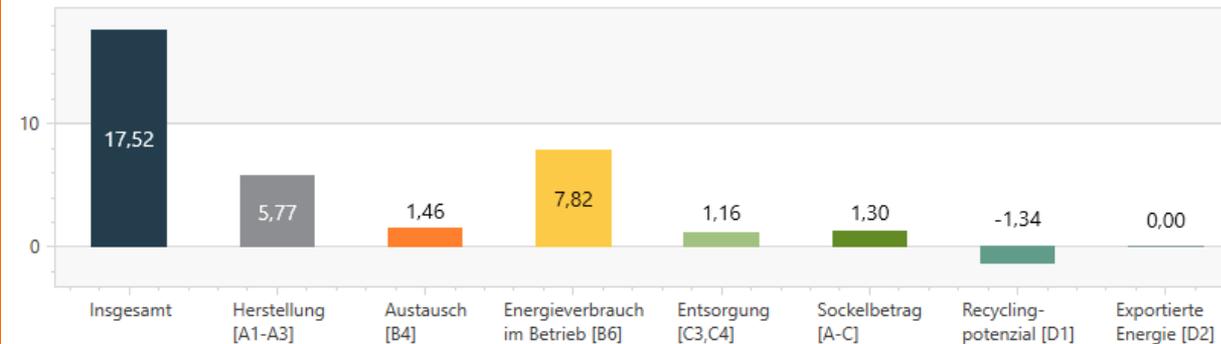
Variante 2: 42,5cm W8 + 11,5cm Lehmstein



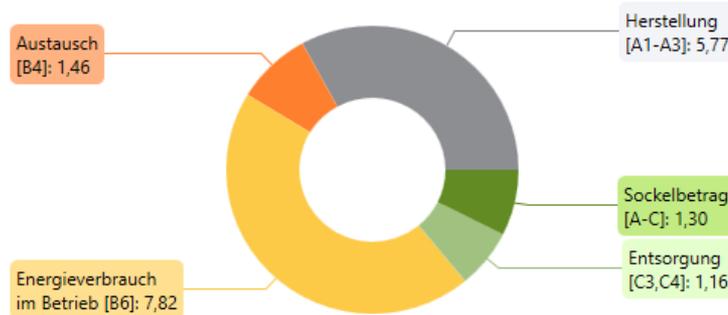
Variante „2226-Prinzip“

Treibhauspotenzial GWP

[kg CO₂ Äqu./ (m²NRF-a)]



Emissionen



Einsparung hauptsächlich in Modul B6, da hier Heizenergiebedarf entfällt.

Mehrbedarf in A1-A3 und C3,C4 durch zweite Schale fällt nur geringfügig ins Gewicht.

Variante „2226-Konzept“

Grundvariante – MZ65 42,5cm

Gesamtes
Treibhauspotenzial

22,71

[kg CO₂ Äqu./(m²NRF-a)]



Gesamter Aufwand
an Primärenergie

76,26

[kWh/(m²NRF-a)]



Variante 2 x 36,5cm W8

Gesamtes
Treibhauspotenzial

17,52

[kg CO₂ Äqu./(m²NRF-a)]



Gesamter Aufwand
an Primärenergie

57,42

[kWh/(m²NRF-a)]



Variante 42,5cm W8 mit 11,5 cm Lehmschale

Gesamtes
Treibhauspotenzial

17,13

[kg CO₂ Äqu./(m²NRF-a)]



Gesamter Aufwand
an Primärenergie

56,51

[kWh/(m²NRF-a)]



Zusammenfassung

- Ökobilanzen sind aktuell eher noch Rander-scheinungen, werden aber zukünftig einen großen Stellenwert einnehmen.
Unsere Empfehlung: setzen sie sich frühzeitig mit diesem Thema auseinander!
- LCA-Berechnung ist baustoffoffen, d.h. prinzipiell können erst einmal alle Baustoffe eingesetzt werden. Der Einfluss der Außenwandbaustoffe ist insgesamt relativ gering.
- Baustoffe wie Ziegel und Lehm bieten, neben ihren anderen zahlreichen Vorteilen, auch Vorteile in der ökobilanziellen Berechnung
- Aktuell ist der Einsatz einer PV-Anlage die größte Stellschraube in der Berechnung
- Alternative Konzepte, wie das „2226-Konzept“ führen oftmals zu extrem guten ökobilanziellen Werten



@augustlueckinggmbh



@Ziegel- und
Betonwerk Lücking



@augustlueckinggmbh

Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit



Quellen

- (1) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Umweltbundesamt
© 2021 IW Medien / iwd
- (2) <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgasminderungsziele-deutschlands#nationale-treibhausgasminderungsziele-und-deren-umsetzung>
- (3) <https://www.linear.eu/de/blog/stellschrauben-der-tga-in-der-oekobilanzierung-von-gebaeuden/>
- (4) https://www.gebaeudeforum.de/fileadmin/gebaeudeforum/Bilder/Wissen/Nachhaltiges_Bauen_und_Sanieren/Gebaueforum_Grafik_LCA_DIN-EN-15804.pdf
- (5) https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf
- (6) IWPro – Institut für Weiterbildung und Projektentwicklung
- (7) Bilanzierungsregeln des QNG für Wohngebäude, Stand 01.03.2023, Anhang 3.1.1 zur ANLAGE 3 – Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen