

Nachweis des energiesparenden Wärmeschutzes

gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG 2024)

Berechnung für Nichtwohngebäude nach
DIN V 18599:2018-09

Gebäude: Schule Memmingerberg
August-Hererer-Straße 11
87766 Memmingerberg
Neubau der Grund- und Mittelschule mit OGTS

Bauherr:

Ersteller:

Projekt: BK126-003 MMbgSchu
Datum: 13.05.2026

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Übersicht der Berechnungsparameter des Projektes	2
Übersicht über die Bauteilaufbauten	4
Übersicht der opaken Bauteile	7
Übersicht der transparenten Bauteile	12
Bauphysikalische Berechnungen opaker Bauteile	16
Bauphysikalische Berechnungen der Fenster	20
Übersicht der Grundlagen der Zonen	23
Berechnung der einzelnen Zonen	25
Übersicht der Beleuchtungsbereiche	30
Berechnung der Beleuchtungsbereiche	30
Bau real: Übersicht der Anlagentechnik	32
Bau real: Diagramm Technik Heizung	34
Bau real: Diagramm Technik Lüftung	34
Bau real: Diagramm Technik Warmwasser	34
Bau real: Berechnung der Anlagentechnik	36
Strom aus erneuerbaren Energien	39
Bau real: Nachweise nach GEG	40

Übersicht der Berechnungsparameter des Projektes

Die Berechnungen des Nichtwohngebäudes werden unter der Annahme folgender Randbedingungen geführt:

- Berechnung mit vereinfachtem 1-Zonen-Modell nach DIN V 18599:2018-09 und Randbedingungen nach GEG 2024 (Der zulässigen Höchstwert von Q_p (Referenzgebäude) wird um 10% vermindert.)

Geometriedaten des Gebäudes:

- Charakteristische Länge: 36,07 m
- Charakteristische Breite: 24,24 m
- Geschosshöhe: 3,86 m
- Raumhöhe: 2,97 m
- Anzahl Geschosse: 3

- Die Gebäudedichtheit entspricht Kategorie II

Die Temperaturkorrekturfaktoren von Bauteilen des unteren Gebäudeabschlusses werden unter folgenden Randbedingungen ermittelt:

- Bodenplatte ohne Randdämmung
- Kellerdecken und Kellerwände zum unbeheizten Keller ohne Perimeterdämmung
- Grundwassereinfluss wird nicht berücksichtigt

Nur für gekühlte Zonen gilt:

- Es wird das genaue Verfahren zur Berechnung der Temperatur von unbeheizten Zonen verwendet.
- Der Energiefluss erdberührter Bauteile über das Erdreich wird gem. DIN EN ISO 13370 berechnet.
- Wärmeleitfähigkeit Erdreich: 2,00 W/(mK)
- Volumenbezogene Wärmekapazität Erdreich: 2E006 J/(m³K)
- Windabschirmfaktor: 0,02
- Es wird kein Einfluss von fließendem Grundwasser berücksichtigt.

Für die Nachweise nach GEG 2024 gelten folgende Bedingungen:

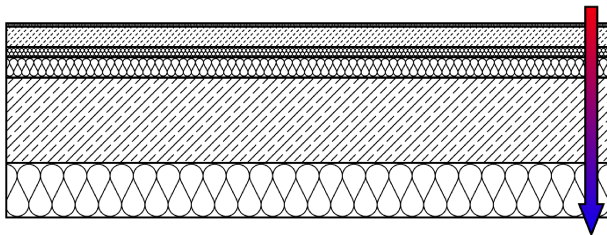
- Das Gebäude ist ein Nichtwohngebäude

- In vorh. q_p wurde ein regenerativer Stromertrag nach GEG 2024 von 26,1 kWh/(m²a) berücksichtigt.

Übersicht über die Bauteilaufbauten

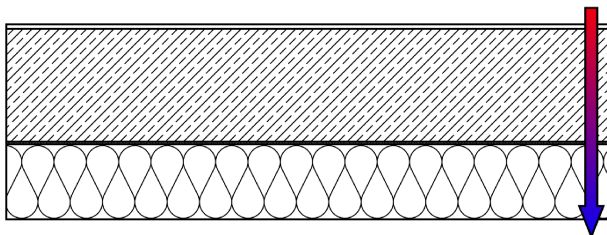
Bauteil: UG Boden ($U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

Schicht Nr.	Dicke [cm]	Baustoff
1	1,00	Fussbodenbelag aus keramischen Fliesen / Platten
2	6,00	Zement-Estrich CT
3	3,00	Expandierter Polystyrolschaum (EPS) 040/30 kg/m^3 nach DIN EN 13163
4	6,00	Extrudierter Polystyrolschaum (XPS) 035 nach DIN EN 13164
5	0,10	Polymerbitumen Abdichtungsbahn
6	25,00	Beton C20/25 armiert mit 2% Stahl ($2400 \text{ kg}/\text{m}^3$)
7	16,00	Extrudierter Polystyrolschaum (XPS) 040 nach DIN EN 13164



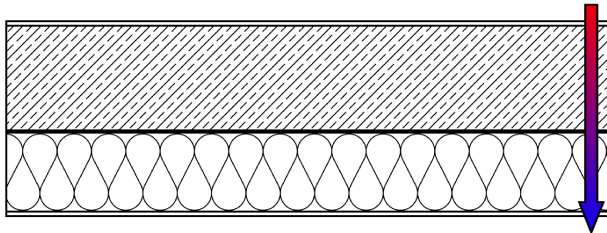
Bauteil: EG an Aussenluft ($U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

Schicht Nr.	Dicke [cm]	Baustoff
1	1,00	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit
2	24,00	Beton C20/25 armiert mit 2% Stahl ($2400 \text{ kg}/\text{m}^3$)
3	0,50	Bitumen Emulsion (40% Bitumen, 60% Wasser)
4	16,00	Mineralwolle (MW) 035/46,25 kg/m^3 (Fassaden- Dämmung)



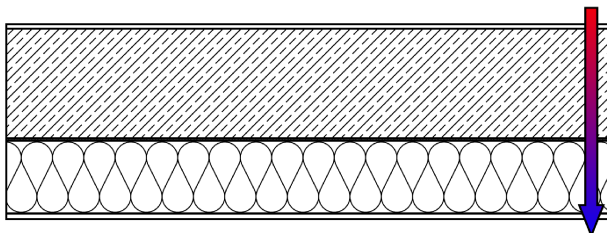
Bauteil: UG an Erdreich ($U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

Schicht Nr.	Dicke [cm]	Baustoff
1	1,00	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit
2	24,00	Beton C20/25 armiert mit 2% Stahl ($2400 \text{ kg}/\text{m}^3$)
3	0,50	Bitumen Emulsion (40% Bitumen, 60% Wasser)
4	18,00	Extrudierter Polystyrolschaum (XPS) 040 nach DIN EN 13164
5	1,00	PE-Noppenfolie zur Abdichtung (Dicke 1,25 mm)



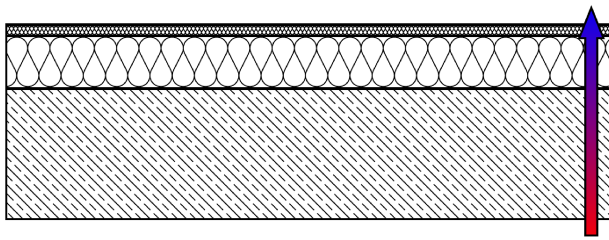
Bauteil: UG an Aussenluft ($U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

Schicht Nr.	Dicke [cm]	Baustoff
1	1,00	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit
2	24,00	Beton C20/25 armiert mit 2% Stahl ($2400 \text{ kg}/\text{m}^3$)
3	0,50	Bitumen Emulsion (40% Bitumen, 60% Wasser)
4	16,00	Mineralwolle (MW) 035/46,25 kg/m^3 (Fassaden-Dämmung)
5	1,20	Putzmörtel Dispersionsputz



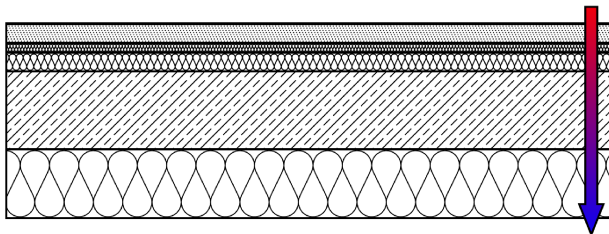
Bauteil: Flachdach ($U = 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

Schicht Nr.	Dicke [cm]	Baustoff
1	25,00	Beton C20/25 armiert mit 2% Stahl ($2400 \text{ kg}/\text{m}^3$)
2	0,20	Kunststoff-Dachbahnen (VAE/EVA) $\mu=50\text{k}/20\text{k}$
3	10,00	Polyurethan-Hartschaum (PUR) 025 nach DIN EN 13165
4	2,00	Polyurethan-Hartschaum (PUR) 025 nach DIN EN 13165 (Mindestdicke der keilförmigen Schicht)
5	0,20	Kunststoff-Dachbahnen (TPO/FPO) $\mu=85\text{k}$



Bauteil: Übergang Boden ($U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

Schicht Nr.	Dicke [cm]	Baustoff
1	0,30	Fussbodenbeläge Linoleum
2	6,00	Zement-Estrich CT
3	3,00	Expandierter Polystyrolschaum (EPS) 040/30 kg/m^3 nach DIN EN 13163
4	6,00	Extrudierter Polystyrolschaum (XPS) 035 nach DIN EN 13164
5	25,00	Beton C20/25 armiert mit 2% Stahl ($2400 \text{ kg}/\text{m}^3$)
6	22,00	Mineralwolle (MW) 035/46,25 kg/m^3 (Fassaden- Dämmung)



Bauteil: Nebeneingang ($U = 1,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)

(pauschal eingetragener U-Wert des Bauteilaufbaus, es sind keine Baustoffe eingetragen)

Übersicht der opaken Bauteile

Bauteil: OstWand UG an Aussen

Bauteilaufbau: UG an Aussenluft

U-Wert	0,20 W/(m²K)	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	63,89 Wh/(m²K)	C _a	6,42 Wh/K
Absorption α	60,0 %	Abstrahlung ε	90,0 %
R _{si}	0,13 m²K/W	R _{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Nordbereich LiGra 14-19	19,16*2,3*1*1	44,07 m²
Südbereich neben Eingang	3,34*1,10*1*1	3,67 m²
U16-18	(Siehe transparente Bauteile)	-2,27 m²
U19	(Siehe transparente Bauteile)	-5,67 m²
Gesamtfläche		39,80 m²

Bauteil: Boden UG

Bauteilaufbau: UG Boden

U-Wert	0,15 W/(m²K)	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	40,60 Wh/(m²K)	C _a	1,61 Wh/K
Absorption α	60,0 %	Abstrahlung ε	90,0 %
R _{si}	0,17 m²K/W	R _{se}	0,00 m²K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Erdreich

Flächen-Berechnung:

Boden UG	36,07*19,57*1*1	705,89 m²
Eingangsbereich	4,57*13,77*1*1	62,93 m²
Gesamtfläche		768,82 m²

Bauteil: NordWand UG an Erde

Bauteilaufbau: UG an Erdreich

U-Wert	0,21 W/(m²K)	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	63,89 Wh/(m²K)	C _a	6,20 Wh/K
Absorption α	60,0 %	Abstrahlung ε	90,0 %
R _{si}	0,13 m²K/W	R _{se}	0,00 m²K/W
Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Erdreich

Flächen-Berechnung:

It CAD	22,4*1*1*1	22,40 m²
Eingangsbereich	4,57*1,90*1*1	8,68 m²
Gesamtfläche		31,08 m²

Bauteil: NordWand UG an Aussen

Bauteilaufbau: UG an Aussenluft

U-Wert	0,20 W/(m ² K)	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	63,89 Wh/(m ² K)	C _a	6,42 Wh/K
Absorption α	60,0 %	Abstrahlung ε	90,0 %
R _{si}	0,13 m ² K/W	R _{se}	0,04 m ² K/W
Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

It CAD	41,07*1*1*1	41,07 m ²
Eingangsbereich	4,57*1,44*1*1	6,58 m ²
Nebeneingang UG	(Siehe opake Bauteile)	-5,32 m ²
U14-U13	(Siehe transparente Bauteile)	-2,27 m ²
Gesamtfläche		40,06 m ²

Bauteil: OstWand UG an Erde

Bauteilaufbau: UG an Erdreich

U-Wert	0,21 W/(m ² K)	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	63,89 Wh/(m ² K)	C _a	6,20 Wh/K
Absorption α	60,0 %	Abstrahlung ε	90,0 %
R _{si}	0,13 m ² K/W	R _{se}	0,00 m ² K/W
Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Erdreich

Flächen-Berechnung:

Eingangsbereich	13,57*2,62*1*1	35,55 m ²
Lager und Nordbereich 14-19	19,16*1,33*1*1	25,48 m ²
Gesamtfläche		61,04 m ²

Bauteil: SüdWand UG an Aussen

Bauteilaufbau: UG an Aussenluft

U-Wert	0,20 W/(m ² K)	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	63,89 Wh/(m ² K)	C _a	6,42 Wh/K
Absorption α	60,0 %	Abstrahlung ε	90,0 %
R _{si}	0,13 m ² K/W	R _{se}	0,04 m ² K/W
Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Haupthaus	19,57*3,60*1*1	70,45 m ²
Eingang	4,57*3,60*1*1	16,45 m ²
U04-U07 kl	(Siehe transparente Bauteile)	-12,96 m ²
U05 S	(Siehe transparente Bauteile)	-7,20 m ²
Gesamtfläche		66,74 m ²

Bauteil: WestWand UG an Aussen

Bauteilaufbau: UG an Aussenluft

U-Wert	0,20 W/(m²K)	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	63,89 Wh/(m²K)	C _a	6,42 Wh/K
Absorption α	60,0 %	Abstrahlung ε	90,0 %
R _{si}	0,13 m²K/W	R _{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Ganze Hauslänge	36,07*3,60*1*1	129,85 m²
U11-U07 W	(Siehe transparente Bauteile)	-59,85 m²
Gesamtfläche		70,00 m²

Bauteil: Nebeneingang UG

Bauteilaufbau: Nebeneingang

U-Wert	1,20 W/(m²K)	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	0,00 Wh/(m²K)	C _a	0,00 Wh/K
Absorption α	60,0 %	Abstrahlung ε	90,0 %
R _{si}	0,13 m²K/W	R _{se}	0,04 m²K/W
Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Fläche 5,3 m²

Bauteil: Nordwand EG_OG

Bauteilaufbau: EG an Aussenluft

U-Wert	0,20 W/(m²K)	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	63,89 Wh/(m²K)	C _a	1,32 Wh/K
Absorption α	60,0 %	Abstrahlung ε	90,0 %
R _{si}	0,13 m²K/W	R _{se}	0,13 m²K/W
Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Nordwand EG OG	19,77*9,20*1*1	181,88 m²
Übergang CAD	35,58*1*1*1	35,58 m²
Eingangsbereich	4,57*9,20*1*1	42,04 m²
Nordfenster EG_OG	(Siehe transparente Bauteile)	-36,10 m²
Gesamtfläche		223,41 m²

Bauteil: WestWand EG-OG

Bauteilaufbau: EG an Aussenluft

U-Wert	0,20 W/(m²K)	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	63,89 Wh/(m²K)	C _a	1,32 Wh/K
Absorption α	60,0 %	Abstrahlung ε	90,0 %
R _{si}	0,13 m²K/W	R _{se}	0,13 m²K/W
Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Haupthaus	36,27*9,20*1*1	333,68 m ²
Westfenster EG_OG	(Siehe transparente Bauteile)	-82,27 m ²
Gesamtfläche		251,41 m ²

Bauteil: SüdWand EG_OG

Bauteilaufbau: EG an Aussenluft

U-Wert	0,20 W/(m ² K)	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	63,89 Wh/(m ² K)	C _a	1,32 Wh/K
Absorption α	60,0 %	Abstrahlung ε	90,0 %
R _{si}	0,13 m ² K/W	R _{se}	0,13 m ² K/W
Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Haupthaus	19,77*9,20*1*1	181,88 m ²
Eingang	4,57*9,20*1*1	42,04 m ²
Übergang	5,50*9,20*1*1	50,60 m ²
Südfenster EG_OG	(Siehe transparente Bauteile)	-66,04 m ²
Gesamtfläche		208,49 m ²

Bauteil: OstWand EG_OG

Bauteilaufbau: EG an Aussenluft

U-Wert	0,20 W/(m ² K)	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	63,89 Wh/(m ² K)	C _a	1,32 Wh/K
Absorption α	60,0 %	Abstrahlung ε	90,0 %
R _{si}	0,13 m ² K/W	R _{se}	0,13 m ² K/W
Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Gesamtbreite	36,27*9,20*1*1	333,68 m ²
Abzug übergang	3,60*9,20*-1*1	-33,12 m ²
Ostfenster EG_OG	(Siehe transparente Bauteile)	-39,59 m ²
Gesamtfläche		260,98 m ²

Bauteil: Flachdach

Bauteilaufbau: Flachdach

U-Wert	0,13 W/(m ² K)	Verschattungsfaktor	0,90
C _i	66,67 Wh/(m ² K)	C _a	0,31 Wh/K
Absorption α	60,0 %	Abstrahlung ε	90,0 %
R _{si}	0,10 m ² K/W	R _{se}	0,04 m ² K/W
Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Flachdach Haupthaus	36,27*19,77*1*1	717,06 m ²
Eingangsbereich	4,57*13,77*1*1	62,93 m ²
Übergang	5,60*3,63*1*1	20,33 m ²
Lichtkuppel	(Siehe transparente Bauteile)	-1,00 m ²
Gesamtfläche		799,31 m ²

Übersicht der transparenten Bauteile

Fenster: U11-U07 W

Fensteraufbau: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U_g	0,60 W/(m²K)	U_w	0,95 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,47	Sonnenschutz g_{tot}	0,05
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 5-mal berücksichtigt.

Flächen-Berechnung:

Großfenster OGTS	4,50*2,66*1*1	11,97 m²
------------------	---------------	----------

Fenster: U04-U07 kl

Fensteraufbau: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U_g	0,60 W/(m²K)	U_w	0,95 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,47	Sonnenschutz g_{tot}	0,05
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 3-mal berücksichtigt.

Flächen-Berechnung:

UG Fenster Süd kl	2,70*1,60*1*1	4,32 m²
-------------------	---------------	---------

Fenster: U05 S

Fensteraufbau: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U_g	0,60 W/(m²K)	U_w	0,95 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,47	Sonnenschutz g_{tot}	0,05
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

U05	4,50*1,60*1*1	7,20 m²
-----	---------------	---------

Fenster: U14-U13

Fensteraufbau: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U_g	0,60 W/(m²K)	U_w	0,95 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,47	Sonnenschutz g_{tot}	0,05
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 2-mal berücksichtigt.

Flächen-Berechnung:

Technik PuMi	0,90*1,26*1*1	1,13 m²
--------------	---------------	---------

Fenster: U16-18

Fensteraufbau: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U_g	0,60 W/(m²K)	U_w	0,95 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,47	Sonnenschutz g_{tot}	0,05
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Dieses Fenster wird 2-mal berücksichtigt.

Flächen-Berechnung:

WC	0,9*1,26*1*1	1,13 m²
----	--------------	---------

Fenster: U19

Fensteraufbau: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U_g	0,60 W/(m²K)	U_w	0,95 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,47	Sonnenschutz g_{tot}	0,05
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

U19	4,50*1,26*1*1	5,67 m²
-----	---------------	---------

Fenster: Nordfenster EG_OG

Fensteraufbau: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Orientierung	N	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U_g	0,60 W/(m²K)	U_w	0,95 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,47	Sonnenschutz g_{tot}	0,05
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Flur EG	2,70*1,90*2*1	10,26 m ²
E09	4,60*1,90*1*1	8,74 m ²
Flur OG	3,60*1,90*1*1	6,84 m ²
Flur OG	1,80*1,90*1*1	3,42 m ²
Klasse 1	3,60*1,90*1*1	6,84 m ²
Gesamtfläche		36,10 m ²

Fenster: Westfenster EG_OG

Fensteraufbau: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Orientierung	W	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U _g	0,60 W/(m ² K)	U _w	0,95 W/(m ² K)
Energiedurchlassgrad g _f	0,47	Sonnenschutz g _{tot}	0,05
Verschattung F _{s,Winter}	0,90	Verschattung F _{s,Sommer}	0,90
Abminderungsfaktor F _v	0,90	Transmissionsgrad τ _{D65}	0,76
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

E09	3,70*1,90*1*1	7,03 m ²
Lehrer	4,50*1,90*2*1	17,10 m ²
Klein	0,90*1,90*2*1	3,42 m ²
Speise	6,30*1,90*1*1	11,97 m ²
Klasse 1-3	6,30*1,90*3*1	35,91 m ²
Gruppe 1/2	3,60*1,90*1*1	6,84 m ²
Gesamtfläche		82,27 m ²

Fenster: Südfenster EG_OG

Fensteraufbau: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Orientierung	S	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U _g	0,60 W/(m ² K)	U _w	0,95 W/(m ² K)
Energiedurchlassgrad g _f	0,47	Sonnenschutz g _{tot}	0,05
Verschattung F _{s,Winter}	0,90	Verschattung F _{s,Sommer}	0,90
Abminderungsfaktor F _v	0,90	Transmissionsgrad τ _{D65}	0,76
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Küche	3,60*1,30*1*1	4,68 m ²
Speise	4,50*2,76*2*1	24,84 m ²
Speise	2,70*2,76*1*1	7,45 m ²
Klasse 4	6,30*1,90*1*1	11,97 m ²
Gruppe 3	2,70*1,90*1*1	5,13 m ²
Klasse 3	3,60*1,90*1*1	6,84 m ²
Gruppe 4	2,70*1,90*1*1	5,13 m ²
Gesamtfläche		66,04 m ²

Fenster: Ostfenster EG_OG

Fensteraufbau: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Orientierung	O	Neigung	90,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U_g	0,60 W/(m²K)	U_w	0,95 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,47	Sonnenschutz g_{tot}	0,05
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft

Flächen-Berechnung:

Kleinfenster	0,90*1,90*3*1	5,13 m²
Mittelfenster	2,25*1,90*2*1	8,55 m²
Mittelfenster 2	2,25*1,835*1*1	4,13 m²
Kleinfenster 2	0,90*1,30*1*1	1,17 m²
Küche	2,70*1,30*1*1	3,51 m²
gruppe 4	2,70*1,90*1*1	5,13 m²
Lernen	3,60*1,90*1*1	6,84 m²
WC klein	0,90*1,90*3*1	5,13 m²
Gesamtfläche		39,59 m²

Fenster: Lichtkuppel

Fensteraufbau: Lichtkuppel

Orientierung	hori.	Neigung	0,0° gegen d. Horizontale
Rahmenanteil	40,0 %		
U_g	1,10 W/(m²K)	U_w	1,30 W/(m²K)
Energiedurchlassgrad g_f	0,60	Sonnenschutz g_{tot}	kein Sonnenschutz
Verschattung $F_{s,Winter}$	0,90	Verschattung $F_{s,Sommer}$	0,90
Abminderungsfaktor F_v	0,90	Transmissionsgrad τ_{D65}	0,76
Zone innen	Ein-Zonen-Modell	Zone außen	Außenluft
Fläche	1,00 m²		

Bauphysikalische Berechnungen der Bauteilaufbauten

Bauteilaufbau: UG Boden

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

Baustoffe	Dicke d [cm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	maßg. μ [-]	äquiv. Dicke [m]	Temp.- Verlauf [°C]	Satt- dampf- druck [Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,170				
Fussbodenbelag aus keramischen Fliesen / Platten	1,00	50,000	0,000				
Zement-Estrich CT	6,0	1,400	0,043				
Expandierter Polystyrolschaum (EPS) 040/30 kg/m³ nach DIN EN 13163	3,0	0,040	0,750				
Extrudierter Polystyrolschaum (XPS) 035 nach DIN EN 13164	6,0	0,035	1,714				
Polymerbitumen Abdichtungsbahn	0,10	1,000	0,001				
Beton C20/25 armiert mit 2% Stahl (2400 kg/m³)	25,0	2,500	0,100				
Extrudierter Polystyrolschaum (XPS) 040 nach DIN EN 13164	16,0	0,040	4,000				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,000				
$R_T = \Sigma(d_i/\lambda_i) =$			6,778				

$$U = 1/R_T = 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 755,5 \text{ kg/m}^2$.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 6,61 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$$C_{\text{wirk},i} = 40,60 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

$$C_{\text{wirk},e} = 1,61 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

Bauteilaufbau: EG an Aussenluft

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

Baustoffe	Dicke d [cm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	maßg. μ [-]	äquiv. Dicke [m]	Temp.- Verlauf [°C]	Satt- dampf- druck [Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,130				
Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	1,00	0,700	0,014				
Beton C20/25 armiert mit 2% Stahl (2400 kg/m³)	24,0	2,500	0,096				
Bitumen Emulsion (40% Bitumen, 60% Wasser)	0,50	0,170	0,029				
Mineralwolle (MW) 035/46,25 kg/m³ (Fassaden-Dämmung)	16,0	0,035	4,571				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,130				
$R_T = \Sigma(d_i/\lambda_i) =$			4,971				

$$U = 1/R_T = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 602,9 \text{ kg/m}^2$.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 4,71 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$$C_{\text{wirk},i} = 63,89 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

$$C_{\text{wirk},e} = 1,32 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

Bauteilaufbau: UG an Erdreich

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

Baustoffe	Dicke d [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	maßg. μ [-]	äquiv. Dicke [m]	Temp.- Verlauf [°C]	Satt- dampf- druck [Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,130				
Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	1,00	0,700	0,014				
Beton C20/25 armiert mit 2% Stahl (2400 kg/m ³)	24,0	2,500	0,096				
Bitumen Emulsion (40% Bitumen, 60% Wasser)	0,50	0,170	0,029				
Extrudierter Polystyrolschaum (XPS) 040 nach DIN EN 13164	18,0	0,040	4,500				
PE-Noppenfolie zur Abdichtung (Dicke 1,25 mm)	1,00	0,250	0,040				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,000				
	$R_T = \Sigma(d_i/\lambda_i) =$		4,810				

$$U = 1/R_T = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 612,2 \text{ kg/m}^2$.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 4,68 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$$C_{\text{wirk},i} = 63,89 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

$$C_{\text{wirk},e} = 6,20 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$$

Bauteilaufbau: UG an Aussenluft

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

Baustoffe	Dicke d [cm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	maßg. μ [-]	äquiv. Dicke [m]	Temp.- Verlauf [°C]	Satt- dampf- druck [Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,130				
Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	1,00	0,700	0,014				
Beton C20/25 armiert mit 2% Stahl (2400 kg/m³)	24,0	2,500	0,096				
Bitumen Emulsion (40% Bitumen, 60% Wasser)	0,50	0,170	0,029				
Mineralwolle (MW) 035/46,25 kg/m³ (Fassaden-Dämmung)	16,0	0,035	4,571				
Putzmörtel Dispersionsputz	1,2	0,700	0,017				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,040				
$R_T = \Sigma(d_i/\lambda_i) =$			4,898				

$U = 1/R_T = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 621,8 \text{ kg/m}^2$.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 4,73 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$C_{\text{wirk},i} = 63,89 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$
 $C_{\text{wirk},e} = 6,42 \text{ Wh/(m}^2\text{K)}$

Bauteilaufbau: Flachdach

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

Baustoffe	Dicke d [cm]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	maßg. μ [-]	äquiv. Dicke [m]	Temp.- Verlauf [°C]	Satt- dampf- druck [Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,100				
Beton C20/25 armiert mit 2% Stahl (2400 kg/m³)	25,0	2,500	0,100				
Polyurethan-Hartschaum (PUR) 025 nach DIN EN 13165	10,0	0,025	4,000				
Polyurethan-Hartschaum (PUR) 025 nach DIN EN 13165 (keilförmig)	9,3	0,025	3,722				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,040				
$R_T = \Sigma(d_i/\lambda_i) =$			7,962				

Die angegebene Dicke bei den keilförmigen Schichten entspricht einer äquivalenten konstanten Dicke mit gleichem R-Wert.

$U = 1/R_T = 0,13 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 604,8 \text{ kg/m}^2$.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 7,82 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$$C_{\text{wirk},i} = 66,67 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$C_{\text{wirk},e} = 0,31 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$$

Bauteilaufbau: Übergang Boden

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U

Baustoffe	Dicke d [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	maßg. μ [-]	äquiv. Dicke [m]	Temp.- Verlauf [°C]	Satt- dampf- druck [Pa]
Wärmeübergang innen R_{si}			0,170				
Fussbodenbeläge Linoleum	0,30	0,170	0,018				
Zement-Estrich CT	6,0	1,400	0,043				
Expandierter Polystyrolschaum (EPS) 040/30 kg/m ³ nach DIN EN 13163	3,0	0,040	0,750				
Extrudierter Polystyrolschaum (XPS) 035 nach DIN EN 13164	6,0	0,035	1,714				
Beton C20/25 armiert mit 2% Stahl (2400 kg/m ³)	25,0	2,500	0,100				
Mineralwolle (MW) 035/46,25 kg/m ³ (Fassaden-Dämmung)	22,0	0,035	6,286				
Wärmeübergang außen R_{se}			0,040				
$R_T = \Sigma(d_i/\lambda_i) =$			9,121				

$$U = 1/R_T = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Die mittlere flächenbezogene Masse des Bauteils beträgt $m' = 737,1 \text{ kg/m}^2$.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02 beträgt $\min R = 1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Diese Anforderung ist mit vorh. $R = 8,91 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt.

Wirksame flächenbezogene Wärmekapazität des Bauteilaufbaus (10-cm-Regel)

$$C_{\text{wirk},i} = 35,10 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$$

$$C_{\text{wirk},e} = 1,32 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$$

Bauteilaufbau: Nebeneingang

pauschal eingetragener U-Wert des Bauteilaufbaus (ohne Berechnung): $1,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Bauphysikalische Berechnungen der Fenster

Fenster: U11-U07 W

Fenster: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	0,6 W/(m ² K)	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,035 W/(mK)
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	1,4 W/(m ² K)		
Rahmenanteil	33 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	4,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	1,82 m ²		
Wärmedurchgang U_w	0,95 W/(m²K)		

Fenster: U04-U07 kl

Fenster: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	0,6 W/(m ² K)	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,035 W/(mK)
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	1,4 W/(m ² K)		
Rahmenanteil	33 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	4,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	1,82 m ²		
Wärmedurchgang U_w	0,95 W/(m²K)		

Fenster: U05 S

Fenster: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	0,6 W/(m ² K)	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,035 W/(mK)
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	1,4 W/(m ² K)		
Rahmenanteil	33 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	4,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	1,82 m ²		
Wärmedurchgang U_w	0,95 W/(m²K)		

Fenster: U14-U13

Fenster: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	0,6 W/(m ² K)	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,035 W/(mK)
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	1,4 W/(m ² K)		
Rahmenanteil	33 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	4,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	1,82 m ²		
Wärmedurchgang U_w	0,95 W/(m²K)		

Fenster: U16-18

Fenster: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	0,6 W/(m ² K)	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,035 W/(mK)
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	1,4 W/(m ² K)		
Rahmenanteil	33 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	4,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	1,82 m ²		
Wärmedurchgang U_w	0,95 W/(m²K)		

Fenster: U19

Fenster: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	0,6 W/(m ² K)	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,035 W/(mK)
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	1,4 W/(m ² K)		
Rahmenanteil	33 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	4,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	1,82 m ²		
Wärmedurchgang U_w	0,95 W/(m²K)		

Fenster: Nordfenster EG_OG

Fenster: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	0,6 W/(m ² K)	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,035 W/(mK)
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	1,4 W/(m ² K)		
Rahmenanteil	33 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	4,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	1,82 m ²		
Wärmedurchgang U_w	0,95 W/(m²K)		

Fenster: Westfenster EG_OG

Fenster: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	0,6 W/(m ² K)	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,035 W/(mK)
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	1,4 W/(m ² K)		
Rahmenanteil	33 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	4,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	1,82 m ²		
Wärmedurchgang U_w	0,95 W/(m²K)		

Fenster: Südfenster EG_OG

Fenster: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	0,6 W/(m ² K)	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,035 W/(mK)
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	1,4 W/(m ² K)		
Rahmenanteil	33 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	4,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	1,82 m ²		
Wärmedurchgang U_w	0,95 W/(m²K)		

Fenster: Ostfenster EG_OG

Fenster: Wärmeschutzverglasung 0.6 (4-8-4-8-4, Krypton) mit Warm-Edge

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	0,6 W/(m ² K)	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,035 W/(mK)
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	1,4 W/(m ² K)		
Rahmenanteil	33 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	4,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	1,82 m ²		
Wärmedurchgang U_w	0,95 W/(m²K)		

Fenster: Lichtkuppel

Fenster: Lichtkuppel

Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w aus der Geometrie eines Standardfensters

Wärmedurchgang Verglasung U_g	1,1 W/(m ² K)	Wärmebrücke Glasrand Ψ_g	0,060 W/(mK)
Wärmedurchgang Paneele U_p	-	Wärmebrücke Paneelrand Ψ_p	-
Wärmedurchgang Rahmen U_f	1,4 W/(m ² K)		
Rahmenanteil	33 %	Paneelanteil	0 %
Länge Glasrand l_g	4,46 m	Länge Paneelrand l_p	-
Fensterfläche $A_g + A_p + A_f$	1,82 m ²		
Wärmedurchgang U_w	1,30 W/(m²K)		

Übersicht der Grundlagen der Zonen

Zone: Ein-Zonen-Modell

Allgemeine Grundlagen

Volumen V_e	9.615,9 m ³
Luftvolumen V	7.632,3 m ³ (gesonderte Ermittlung)
Nettogrundfläche A_{NGF}	1.952,2 m ²
Wärmebrückenzuschlag	0,10 W/m ² K
wirksame Wärmekapazität	mittel 90 Wh/(m ² K)
Nutzungsprofil gem. DIN 18599	08 Klassenzimmer (Schulen)
Nutzungsprofil Warmwasser gem DIN 18599	Schule ohne Duschen 85 Wh/(m ² d)
Lage innerhalb des Gebäudes	außen
Raumhöhe	2,97 m

Konditionierung

Konditionierung durch statische Systeme	Zone wird nur beheizt
Konditionierung durch Lüftungsanlagen	keine Luftaufbereitung vorhanden
Betriebsmodus Heizung in der Nutzungszeit	Nachtabsenkung
Betriebsmodus Heizung in der Nichtnutzungszeit	Nachtabsenkung
Betriebsmodus Kühlung in der Nichtnutzungszeit	(nicht relevant bei Einzonenmodell)
Kühlung ist Bedarfsorientiert	Ja
sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2 ist erfüllt	Ja
Dichtheitskategorie der Zone	Kategorie II
Gebäudeautomationsklasse nach DIN 18599-11	Klasse C
Einzelraumregelung gem. DIN 18599-5 Abs. 6.2.2	adapt. Absenkung/Anheizf. mit Informationsverb.
Informationsverbund von Anheizfunktion zur Vorlauftemperaturregelung	Nein

Konditionierung RLT

Art der Lüftungsanlage	Zu- und Abluftanlage
Volumenstrom	keine Erhöhung des Luftvolumens für Kühlung
RLT deckt den vollständigen erf. Luftwechsel	Nein
Auslegungsvolumenstrom Zuluft	Mindestaußenluftvolumenstrom Zuluft nach Nutzungsprofil
Auslegungsvolumenstrom Abluft	Mindestaußenluftvolumenstrom Abluft nach Nutzungsprofil
mechanischer Luftwechsel bei teilweiser Deckung	-1,00 1/h
bedarfsabhängige Volumenstromregelung	Bedarfsregelung: IDA-C6 (Gassensoren)

Nutzungsrandbedingungen

tägliche Nutzungszeit	7,0 h/d
jährliche Nutzungstage $d_{\text{nutz,a}}$	200 d/a
jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit t_{Tag}	1.400 h/a
jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit t_{Nacht}	0 h/a
tägliche Betriebszeit RLT und Kühlung	9,0 h/d
jährliche Betriebstage Anlagentechnik $d_{\text{op,a}}$	200 d/a
tägliche Betriebszeit Heizung	9,0 h/d
Raum-Solltemperatur Heizung $\vartheta_{i,h,\text{soll}}$	21 °C
Raum-Solltemperatur Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{soll}}$	24 °C
Minimaltemperatur Auslegung Heizung $\vartheta_{i,h,\text{min}}$	20 °C
Maximaltemperatur Auslegung Kühlung $\vartheta_{i,c,\text{max}}$	26 °C
Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb $\Delta\vartheta_{i,NA}$	4 K
Feuchteanforderung	mit Toleranz
Mindestaußenluftvolumenstrom V_a	10,00 m³/hm²
Wartungswert der Beleuchtungsstärke E_m	300 lx
Höhe der Nutzebene h_{Ne}	0,8 m
Minderungsfaktor k_A	0,97
relative Abwesenheit C_A	0,25
Raumindex k	2,00
Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit F_t	0,90
Anpassungsfaktor Beleuchtung vertikaler Flächen k_{vB}	1,00
interne Wärmegewinne Personen $q_{i,p}$	100 Wh/(m²d)
interne Wärmegewinne Arbeitsgeräte $q_{i,fac}$	20 Wh/(m²d)
Nutzenergiebedarf Warmwasser flächenbezogen	85 Wh/m²d
Nutzenergiebedarf Warmwasser nutzungsbezogen	0.00 kWh
Anzahl Spitzenzapfungen am Tag	-
angerechneter Anteil Duschwarmwasser für WRG	65 %
Mindestvolumenstrom Gebäude $V_{a,Geb}$	2,50 m³/(m²h)
relative Abwesenheit C_{RLT}	0,25
Teilbetriebsfaktor Gebäudebetriebszeit RLT f_{RLT}	0,90

Berechnung beheiztes Volumen V_e :

Hauptkorpus	36,07*19,57*12,26*1	8.654,2 m³
Eingang UG	4,67*13,57*12,26*1	776,9 m³
Übergang	5,60*3,90*8,46*1	184,8 m³
Gesamtvolumen		9.615,9 m³

Berechnung Luftvolumen V :

Hauptkorpus	35,07*18,57*10,83*1	7.053,0 m³
Eingang UG	3,67*12,57*10,83*1	499,6 m³
Übergang	4,60*2,90*5,97*1	79,6 m³
Gesamtvolumen		7.632,3 m³

Berechnungen der einzelnen Zonen

Zone: Ein-Zonen-Modell

- diese Zone ist beheizt
- diese Zone ist mechanisch belüftet
- diese Zone hat einen Warmwasserbedarf
- diese Zone hat Energiebedarf für Beleuchtung
- Korrekturfaktor fließendes Grundwasser Gw (DIN 13370 Anhang H): 0,00
- Dauer der Beheizung in der Nutzungszeit: 154,2 d/a
- Dauer der Beheizung in der Nichtnutzungszeit: 99,2 d/a
- Außenwandfläche der Zone: 1.166,2 m²
- Fensterfläche der Zone: 314,2 m²
- Fensterflächenanteil der Zone: 21,2 %
- Wärmekapazität der Zone: 175.695 Wh/K
(mittlere Gebäudezone 90 Wh/(m²K))

Spezifischer Transmissionswärmetransferkoeffizient

Bauteil	zu Zone	Fläche [m ²]	U-Wert [W/(m ² K)]	F _x [-]	F _x · H _{T,H} [W/K]	H _{T,c} [W/K]
Boden UG	Erdreich	768,82	0,150	0,55	63,43	115,32
Flachdach	Außenluft	799,31	0,130	1,00	105,21	105,21
enthaltene Fenster: Lichtkuppel		1,00	1,300			
Nebeneingang UG	Außenluft	5,32	1,200	1,00	6,38	6,38
Nordwand EG_OG	Außenluft	223,41	0,200	1,00	78,98	78,98
enthaltene Fenster: Nordfenster EG_OG		36,10	0,950			
NordWand UG an Aussen	Außenluft	40,06	0,200	1,00	10,17	10,17
enthaltene Fenster: U14-U13		2,27	0,950			
NordWand UG an Erde	Erdreich	31,08	0,210	0,75	4,90	6,53
OstWand EG_OG	Außenluft	260,98	0,200	1,00	89,80	89,80
enthaltene Fenster: Ostfenster EG_OG		39,59	0,950			
OstWand UG an Aussen	Außenluft	39,80	0,200	1,00	15,50	15,50
enthaltene Fenster: U16-18		2,27	0,950			
U19		5,67	0,950			
OstWand UG an Erde	Erdreich	61,04	0,210	0,75	9,61	12,82
SüdWand EG_OG	Außenluft	208,49	0,200	1,00	104,44	104,44
enthaltene Fenster: Südfenster EG_OG		66,04	0,950			
SüdWand UG an Aussen	Außenluft	66,74	0,200	1,00	32,50	32,50
enthaltene Fenster: U04-U07 kl		12,96	0,950			
U05 S		7,20	0,950			
WestWand EG-OG	Außenluft	251,41	0,200	1,00	128,44	128,44
enthaltene Fenster: Westfenster EG_OG		82,27	0,950			
WestWand UG an Aussen	Außenluft	70,00	0,200	1,00	70,86	70,86
enthaltene Fenster: U11-U07 W		59,85	0,950			
Wärmebrückenzuschlag	Außenluft	3.141,69	0,100	1,00	314,17	
Gesamt		3.141,69			1.034,38	776,95

Solare Wärmegewinne

Fenster	zu Zone	Fläche • F_F [m²]	g_L [-]	g_{tot} [-]	F_V [-]	F_S [-]	$Q_{s,tr}$ [kWh/a]
Lichtkuppel	Außenluft	0,60	0,60		0,90	0,90	281
Nordfenster EG_OG	Außenluft	21,66	0,47	0,05	0,90	0,90	7.648
U14-U13	Außenluft	1,36	0,47	0,05	0,90	0,90	481
Ostfenster EG_OG	Außenluft	23,75	0,47	0,05	0,90	0,90	5.779
U16-18	Außenluft	1,36	0,47	0,05	0,90	0,90	331
U19	Außenluft	3,40	0,47	0,05	0,90	0,90	828
Südfenster EG_OG	Außenluft	39,63	0,47	0,05	0,90	0,90	5.151
U04-U07 kl	Außenluft	7,78	0,47	0,05	0,90	0,90	1.011
U05 S	Außenluft	4,32	0,47	0,05	0,90	0,90	562
Westfenster EG_OG	Außenluft	49,36	0,47	0,05	0,90	0,90	11.912
U11-U07 W	Außenluft	35,91	0,47	0,05	0,90	0,90	8.666
Gesamt							42.649

Zusammenfassung der Transmissionwärmetransferkoeffizienten:

Transmission nach Außen	$H_{T,D} = 642,28 \text{ W/K}$	$H'_{T,D} = 0,204 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmission nach Unbeheizt	$H_{T,iu} = 0,00 \text{ W/K}$	$H'_{T,iu} = 0,000 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmission zu anderen Zonen	$H_{T,iz} = 0,00 \text{ W/K}$	$H'_{T,iz} = 0,000 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmission zum Erdreich	$H_{T,S} = 134,67 \text{ W/K}$	$H'_{T,S} = 0,043 \text{ W/m}^2\text{K}$

Monatliche spezifische Lüftungswärmeverluste in der Nutzungszeit

Monat	ϑ_i [°C]	$\vartheta_{v,mech}$ [°C]	n_{inf} [1/h]	$H_{v,inf}$ [W/K]	n_{win} [1/h]	$H_{v,win}$ [W/K]	n_{mech} [1/h]	$H_{v,mech}$ [W/K]	$H_{v,z}$ [W/K]
Januar	19,68	18,30	0,17	448,63	0,57	1.487,02	0,15	389,25	0,00
Februar	19,74	18,50	0,17	448,63	0,57	1.487,02	0,15	389,25	0,00
März	19,93	19,40	0,17	448,63	0,57	1.487,02	0,15	389,25	0,00
April	20,22	20,80	0,17	448,63	0,57	1.487,02	0,15	389,25	0,00
Mai	20,55	22,20	0,17	448,63	0,57	1.487,02	0,15	389,25	0,00
Juni	20,72	23,30	0,17	448,63	0,57	1.487,02	0,15	389,25	0,00
Juli	20,87	23,90	0,17	448,63	0,57	1.487,02	0,15	389,25	0,00
August	20,84	23,80	0,17	448,63	0,57	1.487,02	0,15	389,25	0,00
September	20,56	22,00	0,17	448,63	0,57	1.487,02	0,15	389,25	0,00
Oktober	20,24	20,60	0,17	448,63	0,57	1.487,02	0,15	389,25	0,00
November	19,89	19,10	0,17	448,63	0,57	1.487,02	0,15	389,25	0,00
Dezember	19,68	18,20	0,17	448,63	0,57	1.487,02	0,15	389,25	0,00

Monatliche spezifische Lüftungswärmeverluste in der Nichtnutzungszeit

Monat	ϑ_i [°C]	$\vartheta_{v,mech}$ [°C]	n_{inf} [1/h]	$H_{V,inf}$ [W/K]	n_{win} [1/h]	$H_{V,win}$ [W/K]	n_{mech} [1/h]	$H_{V,mech}$ [W/K]	$H_{V,z}$ [W/K]
Januar	17,65	18,30	0,17	448,63	0,10	259,50	0,00	0,00	0,00
Februar	17,80	18,50	0,17	448,63	0,10	259,50	0,00	0,00	0,00
März	18,27	19,40	0,17	448,63	0,10	259,50	0,00	0,00	0,00
April	19,02	20,80	0,17	448,63	0,10	259,50	0,00	0,00	0,00
Mai	19,84	22,20	0,17	448,63	0,10	259,50	0,00	0,00	0,00
Juni	20,28	23,30	0,17	448,63	0,10	259,50	0,00	0,00	0,00
Juli	20,66	23,90	0,17	448,63	0,10	259,50	0,00	0,00	0,00
August	20,60	23,80	0,17	448,63	0,10	259,50	0,00	0,00	0,00
September	19,88	22,00	0,17	448,63	0,10	259,50	0,00	0,00	0,00
Oktober	19,07	20,60	0,17	448,63	0,10	259,50	0,00	0,00	0,00
November	18,17	19,10	0,17	448,63	0,10	259,50	0,00	0,00	0,00
Dezember	17,63	18,20	0,17	448,63	0,10	259,50	0,00	0,00	0,00

Berechnungen Heizung:

Wärmesenken Heizung in der Nutzungszeit

Monat	Q_T [kWh/a]	Q_V [kWh/a]	$Q_{i,sink}$ [kWh/a]	Q_S [kWh/a]	$\Delta Q_{c,sink}$ [kWh/a]	Q_{sink} [kWh/a]
Januar	7.878	14.961	0	147	3.112	26.098
Februar	6.795	12.894	0	90	2.811	22.591
März	6.420	12.098	0	10	3.112	21.641
April	4.498	8.417	0	0	2.981	15.896
Mai	2.718	5.086	0	0	1.632	9.435
Juni	1.639	3.067	0	0	369	5.075
Juli	788	1.474	0	0	0	2.262
August	945	1.769	0	0	60	2.775
September	2.554	4.779	0	0	1.692	9.026
Oktober	4.530	8.477	0	20	3.002	16.028
November	6.442	12.176	0	141	3.012	21.771
Dezember	7.917	15.050	0	209	3.112	26.289

Wärmequellen Heizung in der Nutzungszeit

Monat	Q_T [kWh/a]	Q_V [kWh/a]	$Q_{i,source}$ [kWh/a]	Q_S [kWh/a]	Q_{source} [kWh/a]
Januar	0	0	6.040	416	6.456
Februar	0	0	5.357	417	5.774
März	0	0	5.655	1.215	6.870
April	0	89	5.172	1.890	7.151
Mai	0	263	5.146	2.110	7.518
Juni	0	397	4.910	2.172	7.479
Juli	0	481	5.054	1.990	7.525
August	0	469	5.069	1.736	7.275
September	0	221	5.007	1.260	6.488
Oktober	0	57	5.375	1.022	6.454
November	0	0	5.582	338	5.920
Dezember	0	0	6.089	216	6.305

Wärmesenken Heizung in der Nichtnutzungszeit

Monat	Q_T [kWh/a]	Q_V [kWh/a]	$Q_{i,sink}$ [kWh/a]	Q_S [kWh/a]	$\Delta Q_{c,sink}$ [kWh/a]	Q_{sink} [kWh/a]
Januar	5.791	3.964	0	121	0	9.876
Februar	4.995	3.420	0	75	0	8.489
März	4.719	3.231	0	8	0	7.959
April	3.306	2.264	0	0	0	5.570
Mai	1.998	1.368	0	0	0	3.366
Juni	1.205	825	0	0	0	2.030
Juli	579	396	0	0	0	976
August	695	476	0	0	0	1.171
September	1.877	1.285	0	0	0	3.163
Oktober	3.330	2.279	0	16	0	5.625
November	4.735	3.242	0	116	0	8.093
Dezember	5.820	3.984	0	173	0	9.977

Wärmequellen Heizung in der Nichtnutzungszeit

Monat	Q_T [kWh/a]	Q_V [kWh/a]	$Q_{i,source}$ [kWh/a]	Q_S [kWh/a]	Q_{source} [kWh/a]
Januar	0	0	278	343	621
Februar	0	0	220	344	564
März	0	0	137	1.002	1.139
April	0	0	28	1.559	1.588
Mai	0	0	0	1.741	1.741
Juni	0	0	0	1.792	1.792
Juli	0	0	0	1.642	1.642
August	0	0	0	1.433	1.433
September	0	0	12	1.039	1.051
Oktober	0	0	47	843	890
November	0	0	174	279	453
Dezember	0	0	290	178	468

Wärmebilanz Heizung für die Nutzungszeit (200,0 Tage)

Monat	Q_{Sink} [kWh/a]	Q_{Source} [kWh/a]	$\Delta Q_{c,b}$ [kWh/a]	τ [h]	a [-]	η [-]	$Q_{h,b}$ [kWh/a]
Januar	26.098	6.456	0	52,30	4,27	0,998	19.655
Februar	22.591	5.774	0	52,30	4,27	0,998	16.830
März	21.641	6.870	0	52,30	4,27	0,995	14.806
April	15.896	7.151	0	52,30	4,27	0,982	8.877
Mai	9.435	7.518	0	52,30	4,27	0,890	2.747
Juni	5.075	7.479	0	52,30	4,27	0,631	358
Juli	2.262	7.525	0	52,30	4,27	0,301	0
August	2.775	7.275	0	52,30	4,27	0,377	28
September	9.026	6.488	0	52,30	4,27	0,917	3.078
Oktober	16.028	6.454	0	52,30	4,27	0,988	9.654
November	21.771	5.920	0	52,30	4,27	0,997	15.868
Dezember	26.289	6.305	0	52,30	4,27	0,998	19.994
Gesamt	178.886	81.217	0				111.894

Wärmebilanz Heizung für die Nichtnutzungszeit (165,0 Tage)

Monat	Q_{Sink} [kWh/a]	Q_{Source} [kWh/a]	$\Delta Q_{\text{C,b}}$ [kWh/a]	τ [h]	a [-]	η [-]	$Q_{\text{h,b}}$ [kWh/a]
Januar	9.876	621	3.112	100,83	7,30	1,000	6.143
Februar	8.489	564	2.811	100,83	7,30	1,000	5.114
März	7.959	1.139	3.112	100,83	7,30	1,000	3.707
April	5.570	1.588	2.981	100,83	7,30	1,000	1.002
Mai	3.366	1.741	1.632	100,83	7,30	0,996	0
Juni	2.030	1.792	369	100,83	7,30	0,927	0
Juli	976	1.642	0	100,83	7,30	0,594	0
August	1.171	1.433	60	100,83	7,30	0,775	0
September	3.163	1.051	1.692	100,83	7,30	1,000	419
Oktober	5.625	890	3.002	100,83	7,30	1,000	1.733
November	8.093	453	3.012	100,83	7,30	1,000	4.628
Dezember	9.977	468	3.112	100,83	7,30	1,000	6.396
Gesamt	66.293	13.381	24.895				29.144

Berechnungen Lüftung:

Nutzenergie Heizung über RLT $Q_{\text{v,h,b}}$:	0,0 kWh/a
Nutzenergie Kühlung über RLT $Q_{\text{v,c,b}}$:	0,0 kWh/a
Nutzenergie Dampfbefeuchtung $Q_{\text{v,St,b}}$:	0,0 kWh/a
Energiebedarf Luftförderung $Q_{\text{v,E}}$:	6.106 kWh/a

Monatlicher Energiebedarf für Luftförderung Nutzungszeit

Monat	V_{mech} [m³/h]	V_{ABL} [m³/h]	$V_{\text{mech,max}}$ [m³/h]	$V_{\text{mech,b}}$ [m³/h]	$Q_{\text{v,E,ZUL}}$ [kWh]	$Q_{\text{v,E,ABL}}$ [kWh]	$Q_{\text{v,E}}$ [kWh]
Januar	3.053	3.053	0	3.053	0	0	0
Februar	3.053	3.053	0	3.053	0	0	0
März	3.053	3.053	0	3.053	0	0	0
April	3.053	3.053	0	3.053	0	0	0
Mai	3.053	3.053	0	3.053	0	0	0
Juni	3.053	3.053	0	3.053	0	0	0
Juli	3.053	3.053	0	3.053	0	0	0
August	3.053	3.053	0	3.053	0	0	0
September	3.053	3.053	0	3.053	0	0	0
Oktober	3.053	3.053	0	3.053	0	0	0
November	3.053	3.053	0	3.053	0	0	0
Dezember	3.053	3.053	0	3.053	0	0	0
Gesamt					0	0	0

Berechnungen Warmwasser:

mittlere Nettogrundfläche Wohneinheit $A_{\text{NGF,WE,m}}$:	-1,00 m²
Korrekturfaktor für hydraulisch geregelte Durchlauferhitzer f_{Zapf} :	1,00
Wärmebedarf Warmwasser Q_{w} :	25.378 kWh/a

Berechnungen Beleuchtungsbereiche:

Nutzenergiebedarf Beleuchtung $Q_{\text{l,b}}$:	3.926 kWh/a
--	-------------

Zusammenfassung nach Prozessbereichen:

Energieanteile Prozessbereiche

Bereich	Heizung [kWh/a]	Warmwasser [kWh/a]	Beleuchtung [kWh/a]	Lüftung [kWh/a]	Kühlung/RLT [kWh/a]	Summe [kWh/a]
f _{total}	161.550	31.749	6.870	0	0	200.169
f	159.992	31.749	6.870	0	0	198.611
aux	1.558	0	0	6.106	0	7.664
reg	111.375	0	0	0	0	111.375
g	0	0	0	0	0	0
outg	159.992	31.749	6.870	0	0	198.611
s	250	0	0	0	0	250
d	5.301	6.371	0	0	0	11.671
ce	13.403	0	0	0	0	13.403
b	141.038	25.378	6.870	0	0	173.287

Übersicht der Beleuchtungsbereiche

Zone: Ein-Zonen-Modell

Beleuchtungsbereich Gesamtgebäude

Berechnungsart spezifische Bewertungsleistung:	Tabellenverfahren
Lampenart Kunstlicht:	LED-Lampen in LED-Leuchten als Lichtbänder
Beleuchtungsart Kunstlicht:	direkt/indirekt
Art des Präsenz-Kontrollsystems:	manuell
Art des tageslichtabhängigen Kontrollsystems:	manuelle Kontrolle
Konstantlichtregelung:	Nein
Wartungsfaktor WF:	0,80

Berechnungen der Beleuchtungsbereiche

Zone: Ein-Zonen-Modell

Beleuchtungsbereich Gesamtgebäude

Fläche mit Tageslichtversorgung A_{TL} :	942,7 m ²
Fläche ohne Tageslichtversorgung $A_{k,TL}$:	1.007,3 m ²
Gesamtfläche A:	1950,0 m ²
Wartungswert der Beleuchtungsstärke E_m :	300 lx
Faktor für die Berücksichtigung Konstantlichtregelung F_{KL} :	1,00
Effizienz einer Konstantlichtregelung C_{KLR} :	1,00
Wartungsfaktor:	0,80
spezifische elektrische Bewertungsleistung p:	4,10 W/m ²
relative Abwesenheit C_A :	0,3
Minderungsfaktor der Gebäudebetriebszeit F_t :	0,9
Minderungsfaktor zur Berücksichtigung des Bereichs der Sehaufgabe k_A :	0,97
Raumindex künstliche Beleuchtung k_{AL} :	2,00
Raumindex Oberlichter k_{RL} :	2,00
Nutzungszeit Nachtstunden t_{Nacht} :	0 h/a
Nutzungszeit Tagstunden t_{Tag} :	1.400 h/a
Beleuchtungszeit Kunstlicht Nachtstunden $t_{eff,Nacht}$:	0 h/a
Beleuchtungszeit Kunstlicht Tagstunden $t_{eff,Tag,KTL}$:	1.225 h/a

Energiebedarf Beleuchtung

Monat	$t_{eff,Tag,TL}$ [h/a]	$Q_{l,b}$ [kWh]	$Q_{l,f}$ [kWh]
Januar	64	348	609
Februar	53	304	532
März	54	328	574
April	50	312	546
Mai	49	319	558
Juni	47	308	538
Juli	50	320	559
August	52	323	566
September	53	319	559
Oktober	60	339	594
November	64	340	595
Dezember	73	366	640
Summe	667	3.926	6.870

Übersicht der Anlagentechnik DIN V 18599:2018-09

Variante: Bau real

Alle mit (*) gekennzeichneten Werte sind Standardwerte gemäß DIN V 18599:2018-09

Warmwasser

Warmwasser Kreis für zentrale TW-Verteilung: TW - Kreis

Bedarfsdeckung durch Erzeugungseinheit "TW - Erzeugungseinheit": 100 %

Verteilung mit Zirkulationsleitungen

Netztyp I: Steigstrangtyp

Gruppe 1: Wohnen, Bettenzimmer, Hotels, Kindergarten, OP-Gebäude, Pflegeheime, Wohnheime

Laufzeit der Zirkulationspumpe z: 7,0 h/d*

Warmwasser Erzeugungseinheit: TW - Erzeugungseinheit

Warmwasser Übergabe: TW - Übergabe Ein-Zonen-Modell

Deckungsanteil TW an Zone "Ein-Zonen-Modell": 100 %

Warmwasser Stichleitung: TW - Verteilung SL

- Verteilung liegt in den Zonen: Ein-Zonen-Modell

Isolierung der Leitung:

Standard nach 1995

Länge der Stichleitungen L_{SL} :

175,7 m*

längenspezifischer Wärmedurchgangskoeffizient U von L_{SL} :

0,25 W/mK*

Warmwasser Zirkulationspumpe: TW - Zirkulationsspumpe

Dimensionierung der Zirkulationspumpe

optimiert

Regelung der Zirkulationspumpe

geregelt

Differenzdruck Trinkwassererwärmer Δp_{App} :

1 kPa*

maximale Rohrleitungslänge L_{max} :

100,3 m*

Warmwasser indirekt beheizter Speicher: TW - Speicher

Speicher liegt in Zone: Ein-Zonen-Modell

Speicher-Volumen V_s :

365 l*

Bereitschafts-Wärmeverlust $q_{B,s}$:

2,68 kWh/d*

Temperaturdifferenz Heizungsvorlauf zu Warmwassertemperatur $\Delta \vartheta_{Diff}$:

5 °*

Frischwasserstation TW: TW - Erzeuger (Heizung)

- direkt angeschlossener Heizkreis mit Regelung der primärseitigen Rücklauftemperatur

Integrierte elektrische Nachheizung:

Nein

Heizung

Heizung Heizkreis für Raumheizung: H - Kreis

Bedarfsdeckung durch Erzeugungseinheit "H - Erzeugungseinheit":

100 %

Art der Verteilung:

Zweirohrheizung

Netztyp IIb: Etagenverteiler Fußbodenheizung

Gruppe 1: Wohnen, Büro, Praxen, Hotels, Seminar, Bettenzimmer, Wohnheime, Kindergarten, Pflegeheime

- statischer hydraulischer Abgleich oder mehr als 8 Heizkörper/Heizflächen pro

Volumenstromregler/Differenzdruckregler

- unbegrenzte Vorlauftemperaturadaption

Heizung Erzeugungseinheit: H - Erzeugungseinheit

Vorlauftemperatur ϑ_{VL} :

70 °C

Rücklauftemperatur ϑ_{RL} :

60 °C

Heizung Übergabe integrierte Heizflächen: H - Übergabe Ein-Zonen-Modell

Deckungsanteil H an Zone "Ein-Zonen-Modell":

100 %

- das verwendete Produkt ist zertifiziert

- intermittierender Betrieb

Art der Regelung:

Zweipunkt-/P-Regler

Einzelraumregelung:

eigenständig mit selbstständiger Start/Stopp-Anpassung

System:	Fußbodenheizung Nasssystem
Dämmung:	mit Minstdämmung DIN EN 1264
Art des Reglers:	elektromotorischer Stellantrieb
Anzahl der Übergaben:	50

Elektrische Nennleistungsaufnahme der Regelung mit Hilfsenergie P_C : 0,10 W*

Heizung Verteilerleitung: H - Verteilung V

- Verteilung liegt in den Zonen: Ein-Zonen-Modell
Isolierung der Leitung:

Standard nach 1995

Länge der Verteilerleitung L_V : 182,9 m*
längenspezifischer Wärmedurchgangskoeffizient U von L_V : 0,20 W/(mK)*

Heizung Strangleitung: H - Verteilung S

- Verteilung liegt in den Zonen: Ein-Zonen-Modell
Isolierung der Leitung:

Standard nach 1995

Länge der Strangleitungen L_S : 38,8 m*
längenspezifischer Wärmedurchgangskoeffizient U von L_S : 0,25 W/(mK)*

Heizung Anbindeleitung: H - Verteilung A

- Verteilung liegt in den Zonen: Ein-Zonen-Modell
Isolierung der Leitung:

Standard nach 1995

längenspezifischer Wärmedurchgangskoeffizient U von L_A : 0,25 W/(mK)*

Heizung Heizkreispumpe: H - Heizkreispumpe

- hydraulischer Abgleich erfolgt

Dimensionierung der Heizkreispumpe

Regelung der Heizkreispumpe

Pumpenleistung P_{Pump} :

optimiert

Δp variabel

259,47 W*

Differenzdruck Wärmeerzeuger Δp_{WE} :

1 kPa*

Anteiliger Heizkörpermassenstrom m :

0 %*

Korrekturfaktor Absenkung/Abschaltung $f_{P,A}$:

0,60*

Differenzdruck Wärmemengenzähler Δp_{WMZ} :

10 kPa*

Differenzdruck Strangarmaturen Δp_{Stanga} :

1 kPa*

Heizung Nah- und Fernwärme: H - Erzeuger

Erzeuger liegt in Zone: Ein-Zonen-Modell

Energieträger:

Heizwerk (regenerativ)

- Wasser, niedrige Temperatur

Dämmklasse Sekundär-/Primärseite nach prEN ISO 12 241:

- Klasse 4/5

Lüftung

Lüftung Luftkreis: RLT - Kreis

Bedarfsdeckung durch Erzeugungseinheit "RLT - Erzeugungseinheit": 100 %

RLT-Erzeugungseinheit: RLT - Erzeugungseinheit

- Wärmerückgewinnung ohne Feuchte- und Stoffaustausch

- keine Befeuchtung

Wärmerückgewinnungsgrad Φ_{rec} :

0,80

- Lüftungsanlage ist eine Anlage mit variablem Volumenstrom (VVS)

Zulufttemperatur Sollwert ϑ_{SUP} :

18,0 °C

konstanter Druckverlustanteil Abluftkanalnetz $\Delta p_{\text{konst,ETA}}$:

0 Pa

konstanter Druckverlustanteil Zuluftkanalnetz $\Delta p_{\text{konst,SUP}}$:

0 Pa

Anlagentechnisch bedingter Mindestvolumenstrom $V_{m,\text{min}}$:

0,0 m³/h

flächenbezogener Abluftvolumenstrom V_{ETA} :

0,0 m³/m²h

Gesamtdruckverlust Abluftkanalnetz Δp_{ETA} :

1200 Pa*

Gesamtdruckverlust Zuluftkanalnetz Δp_{SUP} :

1200 Pa*

Gesamtwirkungsgrad Luftförderung Abluft η_{ETA} :

0,60*

Gesamtwirkungsgrad Luftförderung Zuluft η_{SUP} :	0,60 *
Auslegungswert der Zulufttemperatur im Sommer $\vartheta_{SUP,So}$:	24,00 *
Auslegungswert der Zulufttemperatur im Winter $\vartheta_{SUP,Wi}$:	20,00 *

Luft-Übergabe: RLT - Übergabe Ein-Zonen-Modell

Deckungsanteil Luft an Zone "Ein-Zonen-Modell":	100 %
---	-------

Nutzungsgrad Wärmeübergabe an den Raum - Luftführung Heizen $\eta_{vh,ce}$:	0,90 *
--	--------

RLT-Erzeugungseinheit Wärmerückgewinnung: RLT - Erzeuger

Kühlung

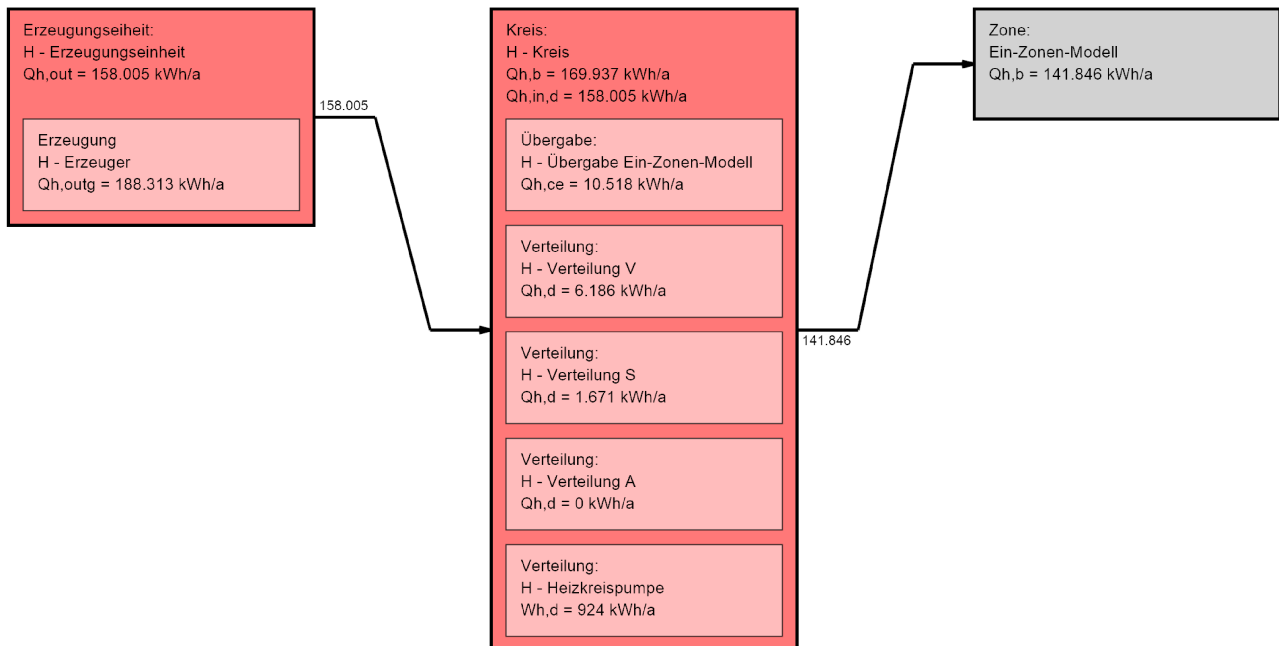
Keine Eintragungen!

Strom aus regenerativer Energie

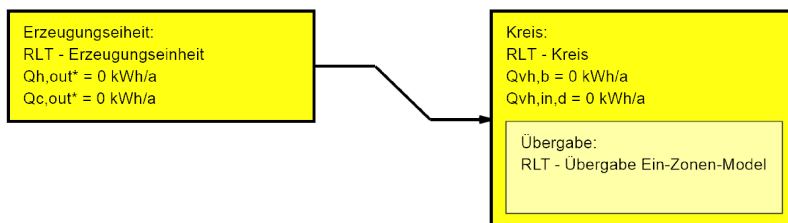
Strom aus regenerativer Energie - PV-Anlage: Reg - PV

Anzahl Module:	100
Modulfläche Netto (ohne Randeinfassung):	1,80 m ²
Neigung der Module gegen die Horizontale:	30°
Himmelsrichtung der Module:	S
Technologie der PV-Module:	
- polykristallines Silizium	
Ventilation der Module:	
- mäßig belüftet	
flächenbezogener Peakleistungskoeffizient K_{pk} :	0,166
Systemleistungsfaktor f_{perf} :	0,750
Peakleistungskoeffizient der Solarmodule K_{pk} :	0,166 kW/m ² *
Modulleistung P_{Modul} :	299 W*
Peakleistung gesamt P_{Peak} :	29,9 kW*
Netto-Kollektorfläche gesamt A_{Module} :	180,00 m ² *

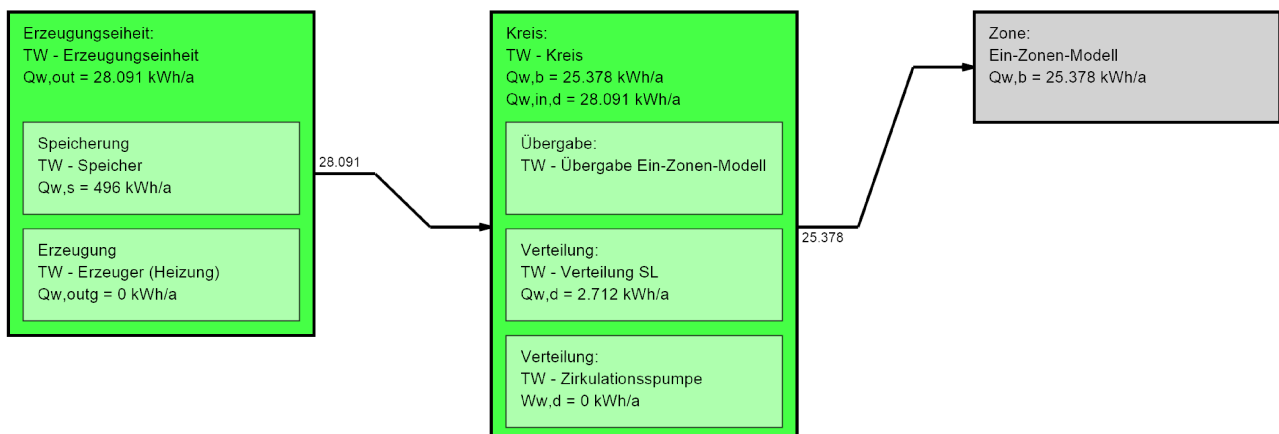
Anlagen-Diagramm Heizung



Anlagen-Diagramm Lüftung



Anlagen-Diagramm Trinkwassererwärmung



Berechnung der Anlage nach DIN V 18599:2018-09

Variante: Bau real

Warmwasser

Warmwasser Kreis zentral: TW - Kreis

Laufzeit der Zirkulationspumpe/Rohrbegleitheizung z:	7,0 h/d
Temperaturspreizung in der Zirkulationsleitung ΔH_z :	5,0 °C
tägliche Nutzungsdauer $t_{\text{Nutz,T}}$ mit Temperatur $\vartheta_{w,m}$ ohne Zirkulation:	17,0 h/d
tägliche Nutzungsdauer $t_{\text{Nutz,T}}$ mit Temperatur $\vartheta_{w,m}$ mit Zirkulation:	7,0 h/d
Auslegungs-Wärmeverlustrleistung im Zirkulationsnetz $Q_{w,d}$:	0,0 W
Nutzenergiebedarf TW-Kreis Q_w :	25.378 kWh/a
Hilfsenergiebedarf TW-Kreis W_w :	0 kWh/a

Warmwasser Erzeugungseinheit: TW - Erzeugungseinheit

Nutzenergiebedarf $Q_{w,b}$:	25.378 kWh/a
Hilfsenergiebedarf W_w :	0 kWh/a
Erzeugernutzwärme $Q_{w,outg}$:	28.587 kWh/a

Warmwasser Übergabe: TW - Übergabe Ein-Zonen-Modell

Nutzenergieabgabe an die Zone $Q_{w,b}$:	25.378 kWh/a
---	--------------

Warmwasser Stichleitungen: TW - Verteilung SL

Länge der Leitung L:	175,7 m
U-Wert der Leitung U:	0,25 W/(mK)
jährlicher Wärmeverlust der Leitung $Q_{w,d}$:	2.712 kWh/a

Warmwasser Zirkulationspumpe: TW - Zirkulationsspumpe

maximale Rohrleitungslänge L_{max} :	100,3 m
Differenzdruck Trinkwassererwärmer Δp_{app} :	1 kPa
Differenzdruck im Auslegungspunkt Δp :	23 kPa
Pumpenleistung P_{Pump} :	0 W
Aufwandszahl für Betrieb der Zirkulationspumpe $e_{w,d,aux}$:	0,00
jährliche Hilfsenergie Pumpe $W_{w,d}$:	0 kWh/a

Warmwasser indirekt beheizter TW-Speicher: TW - Speicher

Speichervolumen V_s :	365 l
Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,s}$:	2,68 kWh/d
Nennleistung Speicherladepumpe P_{Pumpe} :	0,0 W
Laufzeit Speicherladepumpe t_p :	0,0 h/a
jährliche Hilfsenergie Speicher $W_{w,s}$:	0 kWh/a

Frischwasserstation: TW - Erzeuger (Heizung)

Temperaturdifferenz Heizungsvorlauf zu Warmwassertemperatur $\Delta \vartheta_{\text{Diff}}$:	5 K
Nutzwärmeabgabe der Station $Q_{w,outg,WST}$:	28091 kWh/a
Nutzwärmeabgabe der el. Nachheizung $Q_{w,outg,bu}$:	0 kWh/a

Lüftung

Lüftung Warmluftkreis: RLT - Kreis

Nutzenergiebedarf Heizen $Q_{h,b}$:	0 kWh/a
Verteilungsverluste Heizen $Q_{vh,d}$:	0 kWh/a
Übergabeverluste Heizen $Q_{vh,ce}$:	0 kWh/a
Wärmeergebedarf Heizen $Q_{vh,b}$:	0 kWh/a
Nutzenergiebedarf Befeuchtung $Q_{m,b}$:	0 kWh/a
Hilfsenergiebedarf Befeuchtung W_m :	0 kWh/a

Lüftung Luftübergabe: RLT - Übergabe Ein-Zonen-Modell

Nutzungsgrad Übergabe Wärme an den Raum - Luftführung Heizen $\eta_{vh,ce}$:	0,90
Faktor für spez. Energiebedarf der Übergabe (Ventilatoren) $f_{c,ce,aux}$:	0,000 kWh/kWh
Wärmeverlust Luftübergabe $Q_{vh,ce}$:	0,0 kWh/a
Nutzungsgrad Übergabe Kälte an den Raum - Luftführung Kühlen $\eta_{vh,ce}$:	1,00
Faktor für spez. Energiebedarf der Übergabe (Ventilatoren) $f_{c,ce,aux}$:	0,000 kWh/kWh
Kälteverlust Luftübergabe $Q_{vc,ce}$:	0,0 kWh/a

Lüftung Wärmerückgewinnung: RLT - Erzeuger

Auslegungs-Außenluftvolumenstrom der Wärmerückgewinnung $V_{Außen}$: 3.053 m³/h
elektrische Leistung KVS-Pumpe oder Rotorantrieb (bei Rotationswärmetauschern) $P_{el,av}$: 92 W

Heizung

Heizung Heizkreis Raumheizung: H - Kreis

Vorlauftemperatur Heizmedium bei Auslegungsbedingungen ϑ_{VA} : 70 °C
Rücklauftemperatur Heizmedium bei Auslegungsbedingungen ϑ_{RA} : 40 °C
mittlere Temperatur Heizmedium bei Auslegungsbedingungen $\vartheta_{HK,A}$: 65 °C
mittlere Übertemperatur Heizmedium bei Auslegungsbedingungen $\Delta\vartheta_A$: 44 °C
Nutzenergiebedarf $Q_{h,b}$: 141.846 kWh/a
Hilfsenergiebedarf W_h : 968 kWh/a

Heizung Erzeugungseinheit: H - Erzeugungseinheit

Nutzenergiebedarf Heizung $Q_{h,b}$: 141.846 kWh/a
Nutzenergiebedarf RLT $Q_{h,b}$: 0 kWh/a
Nutzenergiebedarf Absorptionskältemaschine $Q_{h,r,b}$: 0 kWh/a
Nutzenergiebedarf Gesamt $Q_{h,b}$: 141.846 kWh/a
Erzeugernutzwärme Heizung $Q_{h,outg}$: 158.005 kWh/a
Erzeugernutzwärme RLT $Q_{h,outg}$: 0 kWh/a
Erzeugernutzwärme Absorptionskältemaschine $Q_{h,outg,r}$: 0 kWh/a
Erzeugernutzwärme Gesamt $Q_{h,outg}$: 158.005 kWh/a
Hilfsenergiebedarf W_h : 968 kWh/a

Heizung Übergabe bauteilintegrierte Heizflächen: H - Übergabe Ein-Zonen-Modell

Durch alle Verluste verursachte Temperaturschwankung $\Delta\vartheta_{ce}$: 1,10 K
Nutzenergieabgabe an die Zone $Q_{h,b}$: 141.846 kWh/a
jährlicher Wärmeverlust Übergabe $Q_{h,ce}$: 10.518 kWh/a
jährliche Hilfsenergie Übergabe $W_{h,ce}$: 44 kWh/a

Heizung Verteilerleitungen: H - Verteilung V

Länge der Leitung L: 182,9 m
U-Wert der Leitung U: 0,20 W/(mK)
jährlicher Wärmeverlust der Leitung $Q_{h,d}$: 6.186 kWh/a

Heizung Strangleitungen: H - Verteilung S

Länge der Leitung L: 38,8 m
U-Wert der Leitung U: 0,25 W/(mK)
jährlicher Wärmeverlust der Leitung $Q_{h,d}$: 1.671 kWh/a

Heizung Anbindeleitungen: H - Verteilung A

Länge der Leitung L: 0,0 m
U-Wert der Leitung U: 0,25 W/(mK)
jährlicher Wärmeverlust der Leitung $Q_{h,d}$: 0 kWh/a

Heizung Heizkreispumpe: H - Heizkreispumpe

Differenzdruck Wärmeerzeuger Δp_{WE} : 1 kPa
Differenzdruck im Auslegungspunkt Δp : 57 kPa
Pumpenleistung P_{Pump} : 259 W
Aufwandszahl für Betrieb der Heizkreispumpe $e_{h,d,aux}$: 3,76
jährliche Hilfsenergie Pumpe $W_{h,d}$: 924 kWh/a

Heizung Nah- und Fernwärme: H - Erzeuger

Koeffizient D_{DS} : 0,60
Koeffizient B_{DS} : 3,50
Koeffizient H_{DS} : 14,88
mittlere Temperatur Primärseite $\vartheta_{prim,DS}$: 105,0 °C
Nennleistung Fernwärme-Hausstation Φ_{DS} : 76,9 kW
vom Erzeuger gedeckte Wärmeenergie Q_{outg} : 188.313 kWh/a
Primärenergiefaktor Heizwerk (regenerativ) f_p : 0,30

Strom aus regenerativer Energie

Strom aus regenerativer Energie - PV-Anlage: Reg - PV

Gesamtfläche der PV-Anlage ohne Randeinbindung A_{Netto} : 180,00 m²

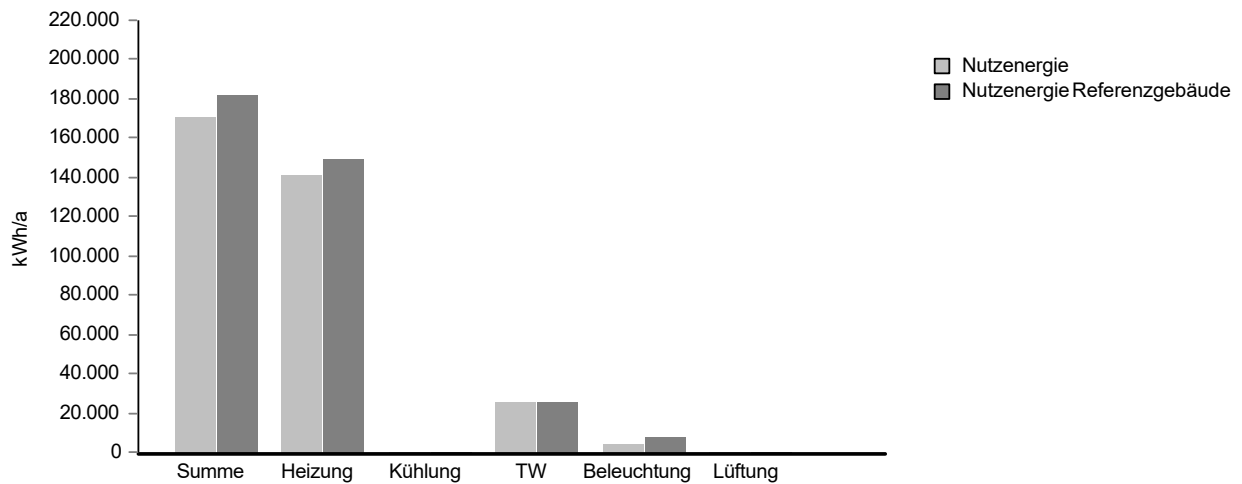
Systemleistungsfaktor f_{perf} :
flächenbezogener Peakleistungskoeffizient K_{pk} :

0,750
0,166

Energieanteile Prozessbereiche



Nutzenergie im Vergleich zum Referenzgebäude



Strom aus erneuerbaren Energien gemäß GEG 2024

Stromertrag aus Berechnung nach DIN V 18599-9:2018-09

Die Berechnung erfolgt nach DIN V 18599-9:2018-09. Für die solare Einstrahlung wird die Strahlungsstärke des Referenzklimas Potsdam unter Verwendung von Neigung und Ausrichtung angesetzt. Der Peakleistungskoeffizienten der PV-Module wird (sofern vorhanden) nach DIN 18599-9 Anhang B Tabelle B.2 angesetzt.

gesamte Peakleistung/Nennleistung der PV-Anlagen

32,76 kW

PV-Erträge

Monat	Stromertrag aus PV	Strom Bedarf Wärme/Kälte	Strom Bedarf Hilfsenergie	angerechneter Stromertrag
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Januar	877	13.887	1.359	877
Februar	872	10.007	1.204	872
März	2.123	8.386	1.294	2.123
April	3.685	5.563	1.193	3.685
Mai	4.036	3.582	1.143	4.036
Juni	4.093	2.720	1.056	3.777
Juli	3.650	2.671	1.082	3.650
August	3.492	2.686	1.089	3.492
September	2.666	3.651	1.143	2.666
Oktober	1.930	6.029	1.272	1.930
November	696	8.994	1.304	696
Dezember	456	12.191	1.393	456
Gesamt	28.579	80.366	14.534	28.262

gesamter Strombedarf (Endenergie/Hilfsenergie) des Gebäudes:

94.900 kWh/a

durch regenerativ erzeugten Strom gedeckter Bedarf (Endenergie):

28.262 kWh/a

Deckungsanteil regenerativer Strom am gesamten Strombedarf:

29,8 %

ins Netz eingespeister Strom:

316 kWh/a

gesamte angerechnete Primärenergie aus regenerativ erzeugtem Strom:

50.872 kWh/a

Nachweis nach GEG 2024 für Nichtwohngebäude

Variante: Bau real

Der Nachweis wird mit den ab 1. Januar 2024 geltenden Anforderungen des GEG geführt.

Nachweis der mittleren U-Werte nach GEG 2024 für normal beheizte Gebäudeteile (Solltemperatur $\geq 19^\circ\text{C}$)

Bauteilgruppe	vorh. mittl. U-Wert	zul. mittl. U-Wert
opake Außenbauteile:	0,14 W/(m ² K)	0,28 W/(m ² K)
transparente Außenbauteile:	0,95 W/(m ² K)	1,50 W/(m ² K)
Vorhangfassaden:	0,00 W/(m ² K)	1,50 W/(m ² K)
Oberlichtsysteme:	0,00 W/(m ² K)	2,50 W/(m ² K)

Der Nachweis wurde erfüllt!

Es sind für den Nachweis der mittleren U-Werte keine Gebäudeteile mit Innentemperaturen $< 19^\circ\text{C}$ vorhanden.

Nachweis des Jahres-Primärenergiebedarfes nach GEG 2024 (vereinfachtes Verfahren 1-Zonen-Modell mit 10% Abschlag auf zul. Q_p (Referenzgebäude))

$$A_{\text{NGF}} = 1.952,2 \text{ m}^2$$

Nichtwohngebäude:

$$\text{zul. } q_p = 110,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) \cdot 0,55 = 60,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

(Referenzgebäude nach GEG 2024 Anlage 2)

$$\text{vorh. } q_p = 31,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

(q_p nachzuweisendes Gebäude: -48,6 %)

In vorh. q_p wurde ein regenerativer Stromertrag nach GEG 2024 von 10,7 kWh/(m²a) berücksichtigt.

Der Nachweis wurde erfüllt!

Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energie

Der folgende Nachweis der Nutzung von erneuerbaren Energien wird nach der ab 1. Januar 2024 gültigen Fassung des GEG geführt. Der Aussteller des Nachweises stellt auch die gemäß GEG notwendigen Nachweise und Bescheinigungen zusammen. Der Nachweis ist nur zusammen mit diesen Anlagen gültig.

Wärmeenergiebedarf (Summe der Erzeugernutzenergieabgaben)

Heizung	$Q_{h,\text{outg}}$	188.313 kWh/a
Heizung RLT	$Q_{h,\text{outg}}^*$	0 kWh/a
Trinkwarmwasser	$Q_{w,\text{outg}}$	0 kWh/a
Summe	Q_{outg}	188.313 kWh/a

Deckung durch erneuerbare Energie nach GEG 2024

Berechneter Anteil erneuerbarer Energie nach § 71 Absatz 2 GEG:

Der Wärmeenergiebedarf Heizung und Warmwasser des Gebäudes beträgt 188.313 kWh/a.

Es liegen keine berechneten Anteile erneuerbarer Energie nach § 71 Absatz 2 GEG vor.

Der Nachweis von 65% erneuerbarer Energie ist somit nicht erfüllt.