

# BAUPHYSIKALISCHE NACHWEISE

Berechnung nach GEG 2020, Luftwärmepumpe 35/28°C, mit Blower-Door-Test

<b>Projekt</b>	Neubau Kita Holzwurm
<b>Gebäudeteil</b>	Kindergarten
Ort	46348 Raesfeld
Straße	Friedholt
Gemarkung	Erle, Flur 13
Flurstück	617
Baujahr	2025
<b>Berechnungssoftware</b>	DÄMMWERK 2025 vom 15.08.2025

---

<b>Bauherr</b>	Gemeinde Raesfeld
Vorname Name	
Straße	Weseler Straße 19
Plz Ort	46348 Raesfeld

<b>Entwurfsverfasser</b>	Gemeinde Raesfeld
Vorname Name	
Straße	Weseler Straße 19
Plz Ort	46348 Raesfeld

---

<b>Aufsteller</b>	Dipl.-Ing. Thomas Spangemacher
Vorname Name	Spangemacher Ingenieure
Straße	Siepenweg 2
Plz Ort	46348 Raesfeld

aufgestellt den	04.09.2025
-----------------	------------

## Energetische Bewertung von Gebäuden

### Projekt: Neubau Kita Holzwurm

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

DIN V 18599:2018 - Energetische Bewertung von Gebäuden (WG / NWG)

DIN V 4108-2:2013, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN EN ISO 6946:2008, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2007, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

### Gebäudeberechnung "Gebäude"

Nachweisverfahren

Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach GEG 2020, §§ 18 und 19 und Anlage 2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2024 (BGBl vom 16. Oktober 2023) mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2023 (BGBl vom 28. Juli 2022)

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Referenzberechnung: Gebäude-Referenz2020.dwe

Klimadaten für den Gebäudestandort "4 Potsdam (Deutschland)" aus TRY-Datensätzen

### 1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

Betrachtungsmonat Januar,  $\vartheta_e = 1,0 \text{ °C}$

Zone	Typ	$t_{\text{nutz}}$ d/a	$\vartheta_i$ °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	$A_{NGF}$ m <sup>2</sup>	$V_i$ m <sup>3</sup>
<1> Gruppenraum	208 Klassenzimme	200	19,5	17,2	192	566
<2> Verkehrsfläche	219 Verkehrsfläc	250	20,0	17,3	91	269
<3> WC	216 WC und Sanit	250	19,9	17,3	47	146
<4> Küche	214 Küchen in Ni	300	20,0	17,3	18	53
<5> Kantine	212 Kantine	250	19,5	17,2	18	53
<6> Abstellraum / Technik	220 Lager, Techn	250	20,0	17,2	29	84
<7> Personalraum	217 Sonstige Auf	250	19,9	17,2	32	93
<8> Mehrzweckraum	231 Turnhalle (o	250	18,4	15,6	70	207
					496	1.472

Gebäude,  $A_{NGF} = 496,0 \text{ m}^2$  (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

$t_{\text{nutz}}$  = Nutzungstage / Jahr  $\Rightarrow$  Nutzungsanteile für den Regel- und Wochenendbetrieb

$A_{NGF}$  = Nettogrundfläche,  $V_i$  = Nettoluftvolumen

$\vartheta_i$  = mittlere Innentemperatur für Januar, ggf. bei eingeschränktem Heizbetrieb

$\vartheta_{i,WE}$  = mittlere Innentemperatur im Wochenendbetrieb

$\vartheta_i = \vartheta_{i,h}$  unter Berücksichtigung einer Nachtabenkung

$\vartheta_i$  Bilanz-Innentemperaturen für den Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.2

## 2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Transferkoeffizienten  $H_T$  aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2  
Begrenzung der U-Werte (U<sub>max</sub>-Nachweis) GEG § 19

Hüllfläche	Zone	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	F <sub>x</sub>	Anmerkungen	H <sub>T</sub> W/K
Abstellraum 1						
1 F 0105 FD	6:0	4,6	0,153	1,00 F <sub>D</sub>	02 50	0,7
2 F 0100 FG	6:0	4,6	0,208	0,80 F <sub>fb</sub>	50 19 25 14	0,8
Beh. WC						
3 F 0205 FD	3:0	6,2	0,153	1,00 F <sub>D</sub>	02 50	1,0
4 F 0201 FAW N-W	3:0	5,9	0,165	1,00 FAW	02 50	1,0
5 A 0201 FF N-W	3:0	1,9	1,000	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	1,9
6 F 0200 FG	3:0	6,2	0,208	0,75 F <sub>fb</sub>	50 19 26 14	1,0
Cafeteria						
7 F 0307 FD	5:0	19,6	0,153	1,00 F <sub>D</sub>	02 50	3,0
8 F 0306 FAW N-O	5:0	4,1	0,165	1,00 FAW	02 50	0,7
9 A 0306 FF N-O	5:0	7,8	1,000	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	7,8
10 F 0300 FG	5:0	19,6	0,208	0,60 F <sub>fb</sub>	50 19 27 14	2,4
Flur						
11 F 0415 FD	2:0	91,7	0,153	1,00 F <sub>D</sub>	02 50	14,0
12 A 0415 DFF 0°	2:0	2,0	1,300	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	2,6
13 F 0401 FAW N-W	2:0	3,0	0,165	1,00 FAW	02 50	0,5
14 F 0404 FAW S-W	2:0	2,1	0,165	1,00 FAW	02 50	0,3
15 A 0401 FF N-W	2:0	7,8	1,300	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	10,1
16 A 0404 FF S-W	2:0	4,6	1,000	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	4,6
17 F 0400 FG	2:0	93,7	0,208	0,60 F <sub>fb</sub>	50 19 28 14	11,7
Gruppenraum 1						
18 F 0507 FD	1:0	78,3	0,153	1,00 F <sub>D</sub>	02 50	12,0
19 F 0504 FAW S-W	1:0	22,1	0,165	1,00 FAW	02 50	3,7
20 F 0505 FAW S-O	1:0	27,2	0,165	1,00 FAW	02 50	4,5
21 F 0506 FAW N-O	1:0	13,5	0,165	1,00 FAW	02 50	2,2
22 A 0504 FF S-W	1:0	1,9	1,000	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	1,9
23 A 0505 FF S-O	1:0	17,9	1,000	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	17,9
24 F 0500 FG	1:0	78,3	0,208	0,65 F <sub>fb</sub>	50 19 29 14	10,6
Gruppenraum 2						
25 F 0608 FD	1:0	73,7	0,153	1,00 F <sub>D</sub>	02 50	11,3
26 F 0605 FAW S-O	1:0	23,5	0,165	1,00 FAW	02 50	3,9
27 F 0606 FAW N-O	1:0	11,7	0,165	1,00 FAW	02 50	1,9
28 A 0605 FF S-O	1:0	17,9	1,000	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	17,9
29 A 0606 FF N-O	1:0	1,9	1,000	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	1,9
30 F 0600 FG	1:0	73,7	0,208	0,65 F <sub>fb</sub>	50 19 29 14	10,0
HWR, Technik, Abstellraum						
31 F 0707 FD	6:0	28,8	0,153	1,00 F <sub>D</sub>	02 50	4,4
32 F 0701 FAW N-W	6:0	5,9	0,165	1,00 FAW	02 50	1,0
33 F 0702 FAW N-O	6:0	3,4	0,165	1,00 FAW	02 50	0,6
34 F 0703 FAW N-W	6:0	16,9	0,165	1,00 FAW	02 50	2,8
35 A 0701 FF N-W	6:0	1,9	1,000	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	1,9
36 A 0703 FF N-W	6:0	3,9	1,000	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	3,9
37 F 0700 FG	6:0	28,8	0,208	0,65 F <sub>fb</sub>	50 19 29 14	3,9
Küche						
38 F 0807 FD	4:0	20,3	0,153	1,00 F <sub>D</sub>	02 50	3,1
39 F 0806 FAW N-O	4:0	11,0	0,165	1,00 FAW	02 50	1,8
40 A 0806 FF N-O	4:0	3,6	1,000	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	3,6
41 F 0800 FG	4:0	20,3	0,208	0,65 F <sub>fb</sub>	50 19 29 14	2,7
Leitung						
42 F 0907 FD	7:0	15,4	0,153	1,00 F <sub>D</sub>	02 50	2,4
43 F 0901 FAW N-W	7:0	9,6	0,165	1,00 FAW	02 50	1,6

44	F	0902	FAW	S-W	7:0	3,4	0,165	1,00	FAW	02	50	0,6
45	F	0903	FAW	N-W	7:0	1,3	0,165	1,00	FAW	02	50	0,2
46	A	0901	FF	N-W	7:0	3,6	1,000	1,00	FF	50	02	3,6
47	F	0900	FG		7:0	15,4	0,208	0,65	Ffb	50	19 29 14	2,1
Mehrzweckraum												
48	F	1007	FD		8:0	78,4	0,153	1,00	FD	02	50	12,0
49	F	1002	FAW	S-W	8:0	22,5	0,165	1,00	FAW	02	50	3,7
50	F	1003	FAW	S-O	8:0	17,0	0,165	1,00	FAW	02	50	2,8
51	A	1002	FF	S-W	8:0	3,2	1,000	1,00	FF	50	02	3,2
52	A	1003	FF	S-O	8:0	11,7	1,000	1,00	FF	50	02	11,7
53	F	1000	FG		8:0	78,4	0,208	0,65	Ffb	50	19 29 14	10,6
Personal												
54	F	1105	FD		7:0	24,1	0,153	1,00	FD	02	50	3,7
55	F	1101	FAW	N-W	7:0	15,1	0,165	1,00	FAW	02	50	2,5
56	F	1104	FAW	N-O	7:0	9,6	0,165	1,00	FAW	02	50	1,6
57	A	1101	FF	N-W	7:0	6,0	1,000	1,00	FF	50	02	6,0
58	A	1104	FF	N-O	7:0	3,6	1,000	1,00	FF	50	02	3,6
59	F	1100	FG		7:0	24,1	0,208	0,65	Ffb	50	19 29 14	3,3
Sanitär												
60	F	1209	FD		3:0	45,3	0,153	1,00	FD	02	50	6,9
61	F	1206	FAW	S-O	3:0	14,7	0,165	1,00	FAW	02	50	2,4
62	F	1207	FAW	S-W	3:0	3,6	0,165	1,00	FAW	02	50	0,6
63	A	1206	FF	S-O	3:0	3,6	1,000	1,00	FF	50	02	3,6
64	A	1207	FF	S-W	3:0	2,9	1,000	1,00	FF	50	02	2,9
65	F	1200	FG		3:0	45,3	0,208	0,65	Ffb	50	19 29 14	6,1
Schlafraum 2 + Differenz												
66	F	1305	FD		1:0	55,0	0,153	1,00	FD	02	50	8,4
67	F	1301	FAW	N-W	1:0	32,4	0,165	1,00	FAW	02	50	5,4
68	F	1302	FAW	S-W	1:0	12,6	0,165	1,00	FAW	02	50	2,1
69	A	1301	FF	N-W	1:0	18,2	1,000	1,00	FF	50	02	18,2
70	F	1300	FG		1:0	55,0	0,208	0,65	Ffb	50	19 29 14	7,4
Schlafraum												
71	F	1405	FD		1:0	16,2	0,153	1,00	FD	02	50	2,5
72	F	1404	FAW	N-O	1:0	6,0	0,165	1,00	FAW	02	50	1,0
73	A	1404	FF	N-O	1:0	2,9	1,000	1,00	FF	50	02	2,9
74	F	1400	FG		1:0	16,2	0,208	0,65	Ffb	50	19 29 14	2,2

---

$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 1.544,4$

$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 341,2$

1. Bodenplattenmaß B' (25) =  $A_G / (0.5 P) = 4,60 / 0,00 = 0,00 \text{ m}$
2. Bodenplattenmaß B' (26) =  $5,40 = 5,40 \text{ m}$
3. Bodenplattenmaß B' (27) =  $11,20 = 11,20 \text{ m}$
4. Bodenplattenmaß B' (28) =  $36,47 = 36,47 \text{ m}$
5. Bodenplattenmaß B' (29) =  $7,64 = 7,64 \text{ m}$

#### Anmerkungen zur Hüllflächen-Tabelle

- 01 Temperatur-Korrekturfaktoren ( $F_X$ -Faktoren) nach DIN V 18599-2, Tab.5
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 19 Temperatur-Korrekturfaktoren  $F_x$  für untere Gebäudeabschlüsse nach DIN V 18599:2018-2, Tab.6
- 25  $F_x$ -Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 26  $F_x$ -Tabellenwert für das 2. Bodenplattenmaß.
- 27  $F_x$ -Tabellenwert für das 3. Bodenplattenmaß.
- 28  $F_x$ -Tabellenwert für das 4. Bodenplattenmaß.
- 29  $F_x$ -Tabellenwert für das 5. Bodenplattenmaß.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von  $0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  pauschal berücksichtigt.

## 2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

$H_{T,WB} = 154,4 \text{ W/K}$  (45,3 %, 0,100 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

## 2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

Transferkoeffizienten Transmission	$H_{T,D}$ W/K	$H_{T,s}$ W/K	$H_{T,iu}$ W/K	$\Sigma H_T$ W/K	$H_{T,iz}$ W/K	$H_{T,zi}$ W/K
<1> Gruppenraum	185	30	0	215	0	0
<2> Verkehrsfläche	53	12	0	64	0	0
<3> WC	34	7	0	41	0	0
<4> Küche	14	3	0	17	0	0
<5> Kantine	17	2	0	19	0	0
<6> Abstellraum / Technik	25	5	0	30	0	0
<7> Personalraum	39	5	0	44	0	0
<8> Mehrzweckraum	55	11	0	65	0	0
	421	75		496		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A$  = Wärmetransferkoeffizient zur Außenluft, Bauteile + Wärmebrücken

$H_{T,s} = \Sigma F_x \cdot A_j \cdot U_j$  = Wärmetransferkoeffizient über das Erdreich, alternativ  $L_s$ -Wert aus der Bauteilberechnung

$H_{T,iu} = \Sigma F_x \cdot A_j \cdot U_j$  = Wärmetransferkoeffizient zum unbeheizten Bereich

$H_{T,iz} = \Sigma A_j \cdot U_j$  = Wärmetransferkoeffizient zu angrenzenden Gebäudezonen

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmekoeffizient

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 495,7 / 1.544,4 = \mathbf{0,32 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

## 2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

		opake Bauteile [W/(m²K)]	Fenster [W/(m²K)]	Vorhangf. [W/(m²K)]	Oberl. [W/(m²K)]
$U_{max}$	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,28	1,50	1,50	2,50
$U_{max}$	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,50	2,80	3,00	3,10
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$		0,14	1,02		

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**

kleinste Grenzwertunterschreitung:  $U = 1,02 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} - 31,8\%$

### 3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (Referenzwert, Kat.I),  $n_{50} = 2,00 \text{ h}^{-1}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

$e_{\text{wind}} = 0.07$   $f_{\text{wind}} = 15$  (EN ISO 13790 Tab.G4)

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n <sub>50</sub>		Luftwechsel		Fenster	Lüftungsanlage	
		h <sup>-1</sup>	V <sub>A</sub> m <sup>3</sup> / (m <sup>2</sup> h)	n <sub>nutz</sub> h <sup>-1</sup>	n <sub>inf</sub> h <sup>-1</sup>	n <sub>win</sub> h <sup>-1</sup>	n <sub>m, ZUL</sub> h <sup>-1</sup>	t <sub>V, m</sub> h/d
<1> Gruppenraum	-	2,00	10,00	3,39	0,14	1,02	-	-
<2> Verkehrsfläche	-	2,00	0,00	0,00	0,14	0,10	-	-
<3> WC	-	2,00	15,00	4,78	0,14	2,18	-	-
<4> Küche	-	2,00	90,00	30,51	0,14	16,50	-	-
<5> Kantine	-	2,00	18,00	6,10	0,14	1,81	-	-
<6> Abstellraum /	-	2,00	0,15	0,05	0,14	0,10	-	-
<7> Personalraum	-	2,00	7,00	2,37	0,14	1,08	-	-
<8> Mehrzweckraum	-	2,00	3,00	1,02	0,14	0,60	-	-
⇒ WE-Betrieb ...								
<1> Gruppenraum			0,00	0,00	0,14	0,10		
<2> Verkehrsfläche			0,00	0,00	0,14	0,10		
<3> WC			0,00	0,00	0,14	0,10		
<4> Küche			0,00	0,00	0,14	0,10		
<5> Kantine			0,00	0,00	0,14	0,10		
<6> Abstellraum / Technik			0,00	0,00	0,14	0,10		
<7> Personalraum			0,00	0,00	0,14	0,10		
<8> Mehrzweckraum			0,00	0,00	0,14	0,10		

$n_{50}$  = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz,  $V_A$  = Mindest-Außenluftvolumenstrom

$n_{\text{nutz}}$  = Mindestaußenluftwechsel =  $V_A \cdot A_{\text{NGF}} / V$  während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)

$n_{\text{inf}}$  = Infiltrationsluftwechsel =  $n_{50} \cdot e_{\text{wind}} \cdot f_{\text{ATD}}$  mit  $f_{\text{ATD}}$  = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT

$n_{\text{inf}} = n_{50} \cdot e_{\text{wind}} \cdot f_{\text{ATD}} \cdot (1 + (1 - f_e) \cdot t_{V, \text{mech}} / 24)$  mit  $f_e$  = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)

$n_{\text{win}}$  = Fenster- / Türluftwechsel =  $n_{\text{win, min}} + \Delta n_{\text{win}} \cdot t_{\text{nutz}} / 24$ , mit RLT =  $n_{\text{win, min}} + \Delta n_{\text{win, mech}} \cdot t_{V, \text{mech}} / 24$   
mit  $n_{\text{win, min}} = 0.1$ , in Wohngebäuden  $n_{\text{win, min}} = \text{saisonal nach Gl.77}$

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 3 / 5 / 7 / 8 /

$\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) \cdot n_{\text{inf}} - 0.1$  (ohne RLT), falls  $n_{\text{nutz}} > 1.2 \Rightarrow \Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - n_{\text{inf}} - 0.1$

$n_{\text{mech}} = n_{\text{mech, ZUL}}$  = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden

Hinweis:  $n_{\text{inf}}$  und  $n_{\text{win}}$  sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)

Volumenströme  $V_{\text{mech}}$  und  $V^*$  (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m <sup>3</sup>	H <sub>V, z, Jan</sub> W/K	H <sub>V, inf</sub> W/K	H <sub>V, win</sub> W/K	Σ H <sub>V</sub> W/K	H <sub>V, mech</sub> W/K	θ <sub>V, Jan</sub> °C
<1> Gruppenraum	566	0	27	196	223	0	
<2> Verkehrsfläche	269	0	13	9	22	0	
<3> WC	146	0	7	109	116	0	
<4> Küche	53	0	3	299	302	0	
<5> Kantine	53	0	3	32	35	0	
<6> Abstellraum / Te	84	0	4	3	7	0	
<7> Personalraum	93	0	4	34	39	0	
<8> Mehrzweckraum	207	0	10	42	52	0	
		0	70	724	795	0	

⇒ WE-Betrieb ...				
<1> Gruppenraum	0	27	19	46
<2> Verkehrsfläche	0	13	9	22
<3> WC	0	7	5	12
<4> Küche	0	3	2	4
<5> Kantine	0	3	2	4
<6> Abstellraum / Technik	0	4	3	7
<7> Personalraum	0	4	3	8
<8> Mehrzweckraum	0	10	7	17
	0	70	50	120

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$  = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet

$H_V$  = Wärmetransferkoeffizient Lüftung =  $n \cdot V \cdot c_{p,a} \cdot \rho_a = n \cdot V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$

$H_{V,\text{win,ohne RLT}} = f_{\text{win,seasonal}} \cdot H_{V,\text{win}} = (0.04 \cdot \theta_e + 0.8) \cdot H_{V,\text{win}} \text{ [W/K]}$  (Fensterlüftung saisonal)

$\Sigma H_V = H_{V,z,\text{Jan}} + H_{V,\text{inf}} + H_{V,\text{win}}$ , Transferkoeffizienten ohne RLT

$\vartheta_V$  = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"

Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

#### 4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

##### 4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster

Bauliche Verschattung  $F_S$  aus Horizontwinkel  $\alpha_h$ , Überhangwinkel  $\alpha_o$  und Seitenwinkel  $\alpha_f$   
 Abminderungsfaktoren  $F_S = 0.90$  nach GEG §25, vereinfacht

Kollektorfläche	Zone	$A_g$ m <sup>2</sup>	$I_{S,\text{Jan/Jul}}$ W/m <sup>2</sup>	$g_{\text{eff,Jan/Jul}}$ %	$Q_{S,\text{Jan/Jul}}$ kWh/d
5 A 0201 FF N-W	3	1,35	11/ 95	36/ 36	7100
9 A 0306 FF N-O	5	5,49	11/ 112	36/ 36	"
12 A 0415 DFF 0°	2	1,40	29/ 210	44/ 44	"
15 A 0401 FF N-W	2	5,42	11/ 95	44/ 44	"
16 A 0404 FF S-W	2	3,24	40/ 120	36/ 36	"
22 A 0504 FF S-W	1	1,35	40/ 120	36/ 36	"
23 A 0505 FF S-O	1	12,50	50/ 132	36/ 36	"
28 A 0605 FF S-O	1	12,50	50/ 132	36/ 36	"
29 A 0606 FF N-O	1	1,35	11/ 112	36/ 36	"
35 A 0701 FF N-W	6	1,35	11/ 95	36/ 36	"
36 A 0703 FF N-W	6	2,70	11/ 95	36/ 36	"
40 A 0806 FF N-O	4	2,54	11/ 112	36/ 36	"
46 A 0901 FF N-W	7	2,54	11/ 95	36/ 36	"
51 A 1002 FF S-W	8	2,27	40/ 120	36/ 36	"
52 A 1003 FF S-O	8	8,22	50/ 132	36/ 36	"
57 A 1101 FF N-W	7	4,19	11/ 95	36/ 36	"
58 A 1104 FF N-O	7	2,54	11/ 112	36/ 36	"
63 A 1206 FF S-O	3	2,55	50/ 132	36/ 36	"
64 A 1207 FF S-W	3	2,04	40/ 120	36/ 36	"
69 A 1301 FF N-W	1	12,74	11/ 95	36/ 36	"
73 A 1404 FF N-O	1	2,04	11/ 112	36/ 36	"
		90,30			23/ 93

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

$Q_S$  = Strahlungsgewinn pro Tag =  $A \cdot F_F \cdot g_{\text{eff}} \cdot I_S \cdot t$  mit  $g_{\text{eff}} = f(F_S, F_w, g_{\perp})$  (DIN V 18599-2 Gl.112)

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

Sonnenschutz-Aktivierung f = feststehend, m = manuell, z = zeitgesteuert, s = strahlungsabhängig

Berechnung von  $g_{tot}$ , 13363-Werten nach EN 13363-1 mit  $\tau_{e,B}$  und  $\rho_{e,B}$  nach DIN V 18599-2, Tab.8 sowie den Parametern  $G1 = 5$ ,  $G2 = 10$  und  $G3 = 30$

$g_{eff} = F_S * F_W * F_V * g_{tot}$  = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

$g_{tot}$  = g-Wert der Verglasung inklusive Sonnenschutz (Tab.8, ohne Sonnenschutz gilt  $g_{tot} = g_{\perp}$ )

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

$g_{eff} = F_W * F_V * (a * g_{tot} + (1-a) * g_{\perp})$  bewertet (Gl. 115), der kleinere Wert  $g_{eff}$  ist maßgebend

$a_{Wi} / a_{So}$  = Parameter (0..1) für die zeitliche Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung nach Tab A.4 / A.5

#### 4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

Hüllfläche	Zone		A m <sup>2</sup>	U W / (m <sup>2</sup> K)	$\alpha$	$h_r$ W / (m <sup>2</sup> K)	$I_{S,Jul}$ W/m <sup>2</sup>	$Q_{S,Jul}$ kWh/d
1 F 0105 FD	-	6	4,6	0,15	0,50	4,50	210	0,0
3 F 0205 FD	-	3	6,2	0,15	0,50	4,50	210	0,1
4 F 0201 FAW N-W	NW	3	5,9	0,17	0,50	4,50	95	0,0
7 F 0307 FD	-	5	19,6	0,15	0,50	4,50	210	0,2
8 F 0306 FAW N-O	NO	5	4,1	0,17	0,50	4,50	112	0,0
11 F 0415 FD	-	2	91,7	0,15	0,50	4,50	210	0,8
13 F 0401 FAW N-W	NW	2	3,0	0,17	0,50	4,50	95	0,0
14 F 0404 FAW S-W	SW	2	2,1	0,17	0,50	4,50	120	0,0
18 F 0507 FD	-	1	78,3	0,15	0,50	4,50	210	0,7
19 F 0504 FAW S-W	SW	1	22,1	0,17	0,50	4,50	120	0,1
20 F 0505 FAW S-O	SO	1	27,2	0,17	0,50	4,50	132	0,2
21 F 0506 FAW N-O	NO	1	13,5	0,17	0,50	4,50	112	0,1
25 F 0608 FD	-	1	73,7	0,15	0,50	4,50	210	0,7
26 F 0605 FAW S-O	SO	1	23,5	0,17	0,50	4,50	132	0,2
27 F 0606 FAW N-O	NO	1	11,7	0,17	0,50	4,50	112	0,1
31 F 0707 FD	-	6	28,8	0,15	0,50	4,50	210	0,3
32 F 0701 FAW N-W	NW	6	5,9	0,17	0,50	4,50	95	0,0
33 F 0702 FAW N-O	NO	6	3,4	0,17	0,50	4,50	112	0,0
34 F 0703 FAW N-W	NW	6	16,9	0,17	0,50	4,50	95	0,1
38 F 0807 FD	-	4	20,3	0,15	0,50	4,50	210	0,2
39 F 0806 FAW N-O	NO	4	11,0	0,17	0,50	4,50	112	0,1
42 F 0907 FD	-	7	15,4	0,15	0,50	4,50	210	0,1
43 F 0901 FAW N-W	NW	7	9,6	0,17	0,50	4,50	95	0,0
44 F 0902 FAW S-W	SW	7	3,4	0,17	0,50	4,50	120	0,0
45 F 0903 FAW N-W	NW	7	1,3	0,17	0,50	4,50	95	0,0
48 F 1007 FD	-	8	78,4	0,15	0,50	4,50	210	0,7
49 F 1002 FAW S-W	SW	8	22,5	0,17	0,50	4,50	120	0,1
50 F 1003 FAW S-O	SO	8	17,0	0,17	0,50	4,50	132	0,1
54 F 1105 FD	-	7	24,1	0,15	0,50	4,50	210	0,2
55 F 1101 FAW N-W	NW	7	15,1	0,17	0,50	4,50	95	0,1
56 F 1104 FAW N-O	NO	7	9,6	0,17	0,50	4,50	112	0,1
60 F 1209 FD	-	3	45,3	0,15	0,50	4,50	210	0,4
61 F 1206 FAW S-O	SO	3	14,7	0,17	0,50	4,50	132	0,1
62 F 1207 FAW S-W	SW	3	3,6	0,17	0,50	4,50	120	0,0
66 F 1305 FD	-	1	55,0	0,15	0,50	4,50	210	0,5
67 F 1301 FAW N-W	NW	1	32,4	0,17	0,50	4,50	95	0,1
68 F 1302 FAW S-W	SW	1	12,6	0,17	0,50	4,50	120	0,1
71 F 1405 FD	-	1	16,2	0,15	0,50	4,50	210	0,1
72 F 1404 FAW N-O	NO	1	6,0	0,17	0,50	4,50	112	0,0
855,7								6,6

$$Q_{S,op} = R_{se} * U * A * (\alpha * I_S - F_f * h_r * \Delta\theta_{er}) * t \quad (\text{DIN V 18599-2, Gl.117})$$



$\alpha$  = Strahlungs-Absorptionsgrad (Tab.9), abhängig von der Bauteiloberfläche  
 $I_S$  = globale Sonneneinstrahlung, jahreszeit-, neigungs- und orientierungsabhängig [W/m<sup>2</sup>]  
 $F_f$  = Formfaktor zwischen Bauteil und Himmel (bis 45° Neigung = 1, über 45° = 0.50)  
 $h_r$  = äußerer Abstrahlungskoeffizient, Regelwert = 5 \* Emissionsgrad = 5 \* 0.9 = 4.5 W/(m<sup>2</sup>K)  
 $\Delta\theta_{er}$  = scheinbare, mittlere Temperaturdifferenz zwischen Bauteil und Himmel (10 °K)

#### 4.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
<1> Gruppenrau	983	769	276	195	402	341	809	10.728
<2> Verkehrsfl	235	155	62	39	68	75	184	2.637
<3> WC	150	118	43	31	61	50	122	1.577
<4> Küche	35	20	9	5	8	12	28	456
<5> Kantine	75	43	19	10	16	26	61	985
<6> Abstellrau	54	31	14	8	12	18	42	667
<7> Personalra	125	71	32	18	28	41	98	1.564
<8> Mehrzweckr	304	252	87	65	136	105	252	3.149
über opake ...								
<1> Gruppenrau	32	9	-	-	1	-	12	484
<2> Verkehrsfl	8	0	-	-	-	-	2	135
<3> WC	7	2	-	-	0	-	3	105
<4> Küche	2	-	-	-	-	-	0	36
<5> Kantine	2	-	-	-	-	-	0	31
<6> Abstellrau	3	-	-	-	-	-	1	63
<7> Personalra	4	0	-	-	-	-	1	82
<8> Mehrzweckr	12	4	-	-	0	-	5	169
	2.031	1.474	541	370	731	668	1.620	22.868

#### 5.0 Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2)

Zone	A <sub>B</sub> m <sup>2</sup>	Q <sub>I,p</sub> kWh/d	Q <sub>I,fac</sub> kWh/d	Q <sub>I,g</sub> kWh/d	Q <sub>I</sub> kWh/d
<1> Gruppenraum	192	19,2	3,8	0,0	23,0
<2> Verkehrsfläche	91	-	-	0,0	0,0
<3> WC	47	-	-	0,0	0,0
<4> Küche	18	1,0	32,5	0,0	33,6
<5> Kantine	18	3,1	0,2	0,0	3,3
<6> Abstellraum / Technik	29	-	-	0,0	0,0
<7> Personalraum	32	2,9	0,3	0,0	3,2
<8> Mehrzweckraum	70	4,4	-	0,0	4,4
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> Gruppenraum		-	-	0,0	0,0
<2> Verkehrsfläche		-	-	0,0	0,0
<3> WC		-	-	0,0	0,0
<4> Küche		-	-	0,0	0,0
<5> Kantine		-	-	0,0	0,0
<6> Abstellraum / Technik		-	-	0,0	0,0
<7> Personalraum		-	-	0,0	0,0
<8> Mehrzweckraum		-	-	0,0	0,0

## ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m <sup>3</sup> /hW	Q <sub>I,L</sub> kWh/d	Q <sub>I,h</sub> kWh/d	Q <sub>I,w</sub> kWh/d	Q <sub>I,rv</sub> kWh/d
<1> Gruppenraum	0,0	2,4	1,3	0,0	0,0
<2> Verkehrsfläche	0,0	1,2	0,6	0,0	0,0
<3> WC	0,0	0,8	0,3	0,0	0,0
<4> Küche	0,0	1,4	0,1	0,0	0,0
<5> Kantine	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0
<6> Abstellraum / Technik	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
<7> Personalraum	0,0	0,7	0,2	0,0	0,0
<8> Mehrzweckraum	0,0	2,8	0,5	0,0	0,0

A<sub>B</sub> = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

q<sub>I,p</sub> = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)

q<sub>I,fac</sub> = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen

Q<sub>I,g</sub> = Q<sub>I,goods</sub> = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q<sub>I</sub> = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

Leuchtenabluft = Volumenstrom des Leuchten-Abluftsystems (0 = ohne Abluft)

Q<sub>I,L</sub> = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme

Q<sub>I,h</sub> = ungeregelte Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme

Q<sub>I,w</sub> = ungeregelte Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme

Q<sub>I,rv</sub> = ungeregelte Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

## 6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

Q<sub>source</sub> im WE-Betrieb mit anteiligen Wärmeeinträgen aus dem Heizsystem nach Abs.6.5.6

Zone	Σ H <sub>T</sub> W/K	Σ H <sub>V</sub>	Σ H <sub>V,mech</sub> W/K	Q <sub>sink</sub> kWh/d	Q <sub>source</sub> kWh/d	γ
<1> Gruppenraum	215	223	0	206	40	0,195
<2> Verkehrsfläche	64	22	0	44	4	0,092
<3> WC	41	116	0	73	3	0,044
<4> Küche	17	302	0	146	35	0,242
<5> Kantine	19	35	0	25	4	0,168
<6> Abstellraum / Technik	30	7	0	18	1	0,037
<7> Personalraum	44	39	0	39	5	0,129
<8> Mehrzweckraum	65	52	0	52	12	0,235

Zone	C <sub>wirk</sub> Wh/(m <sup>2</sup> K)	H W/K	τ h	a -	η -	η <sub>WE</sub>
<1> Gruppenraum	50	438	21,88	2,37	0,983	0,999
<2> Verkehrsfläche	50	86	52,79	4,30	1,000	1,000
<3> WC	50	157	14,90	1,93	0,998	1,000
<4> Küche	50	318	2,84	1,18	0,851	1,000
<5> Kantine	50	54	16,52	2,03	0,978	1,000
<6> Abstellraum / Technik	50	37	39,04	3,44	1,000	1,000
<7> Personalraum	50	83	19,10	2,19	0,990	1,000
<8> Mehrzweckraum	50	117	29,89	2,87	0,988	0,999

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$  = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten,  $H_{T,iz}$  siehe  $Q_{sink}$

$\Sigma H_V$  = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

$\Sigma H_{V,mech}$  = Transferkoeffizient aus mechanischer Lüftung mit WRG ohne Kühlfunktion

$Q_{sink}$  = Summe der Wärmesenken aus Transmission und Lüftung in der Gebäudezone

$Q_{source}$  = Summe der solaren und internen Wärmequellen in der Gebäudezone

$\gamma = Q_{source} / Q_{sink}$  = Verhältnis zwischen Wärmequellen und Wärmesenken

$C_{wirk}$  = wirksame Wärmespeicherfähigkeit, Standardwert 50 bis maximal 130 Wh/(m²K) bei schweren Bauweisen mit normalen Raumhöhen und ohne Innenverkleidungen, bezogen auf einen m² Grundfläche

$\tau$  = Zeitkonstante =  $C_{wirk} / H$  mit  $H$  = Transferkoeffizient der Gebäudezone aus Transmission und Lüftung

$a = a_0 + \tau / \tau_0 = 1 + \tau / 16$  = numerischer Parameter

$\eta$  = Ausnutzungsgrad =  $(1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$ , bei  $\gamma=1$  gilt  $\eta = a / (1+a)$ , DIN V 18599-2 Gl. 142 / 143

$\eta_{WE}$  = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

## 7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

### Temperaturrandbedingungen

Außentemperaturen  $T_e$  im Monatsmittel für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

Bilanzinnentemperaturen  $T_i$  nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$T_e$	°C	1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i, 1}$	°C	19,5	19,6	19,8	20,1	20,5	20,7	20,9	20,8	20,5	20,1	19,7	19,5
$T_{i, 2}$	°C	20,0	20,1	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,2	20,0
$T_{i, 3}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i, 4}$	°C	20,0	20,1	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,2	20,0
$T_{i, 5}$	°C	19,5	19,5	19,8	20,1	20,5	20,7	20,8	20,8	20,5	20,1	19,7	19,5
$T_{i, 6}$	°C	20,0	20,0	20,2	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,1	20,0
$T_{i, 7}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i, 8}$	°C	18,4	18,4	18,5	18,7	18,8	18,9	19,0	19,0	18,8	18,7	18,5	18,4
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i, 2}$	°C	17,3	17,5	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
$T_{i, 3}$	°C	17,3	17,4	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
$T_{i, 4}$	°C	17,3	17,4	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
$T_{i, 5}$	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i, 6}$	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i, 7}$	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i, 8}$	°C	15,6	15,8	16,3	17,2	18,1	18,6	19,0	18,9	18,1	17,2	16,2	15,6

## 7.1 Zone &lt;1&gt; Gruppenraum

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen  $\eta_{\text{source}}$  siehe Abs.6.0

Monatliche Heizzeiten  $t_h$  nach DIN V 18599-2, D.2, bei mehreren Zonen im Heizbereich die maximale Heizzeit, siehe "Heizsysteme".

Der Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb  $\Delta Q_{C,b,WE}$  wird berücksichtigt

Regelbetrieb (54,8%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 19,5 \text{ °C}$  und  $Q_I = 23,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 17,2 \text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{\text{source}}$		0,764	0,922	0,981	0,989	0,983	0,983	0,955	0,791
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,770	0,963	0,999	1,000	0,999	0,999	0,983	0,755
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	104	170	164	170	170	153	170	2.162
$t_h$	h	537	744	720	744	744	672	744	6.539
$Q_{h,b,RE}$	kWh	427	1.274	2.306	2.952	2.826	2.431	2.007	16.093
$Q_{h,b,WE}$	kWh	5	312	886	1.186	1.081	926	622	5.107
$Q_T$	kWh	907	1.610	2.289	2.813	2.799	2.414	2.281	18.876
$Q_V$	kWh	627	1.112	1.582	1.944	1.934	1.669	1.577	13.045
$Q_S^*$	kWh	779	732	273	193	398	338	795	7.492
$Q_I^*$	kWh	323	412	442	474	465	414	434	4.211

$\eta_{\text{source}} / \eta_{\text{source,WE}}$  = Ausnutzungsgrade für solare und interne Wärmegegewinne im Regel- / WE-Betrieb

$\Delta Q_{C,b,WE}$  = Übertrag gespeicherter Wärme zwischen Regel- und WE-Betrieb (tnutz < 365)

monatliche Heizzeit  $t_h$  nach Anhang D, Transmissionsverluste  $Q_T$  und Lüftungsverluste  $Q_V$

solare Wärmegegewinne  $Q_S^* = Q_S \cdot \eta$  und interne Wärmegegewinne  $Q_I^* = Q_I \cdot \eta$

Heizwärmebedarf  $Q_{h,b} = Q_T + Q_V - Q_S^* \cdot \eta - Q_I^* \cdot \eta$  mit dem Ausnutzungsgrad  $\eta$

## 7.2 Zone &lt;2&gt; Verkehrsfläche

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 20,0 \text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 17,3 \text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{\text{source}}$		0,971	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,858
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,925	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,813
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	100	81	78	81	81	73	81	853
$t_h$	h	493	744	720	744	744	672	744	6.291
$Q_{h,b,RE}$	kWh	182	426	692	865	841	715	601	4.749
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	60	173	240	228	188	128	1.022
$Q_T$	kWh	282	501	712	875	871	751	710	5.874
$Q_V$	kWh	96	171	243	298	297	256	242	2.001
$Q_S^*$	kWh	232	155	62	39	68	75	186	2.048
$Q_I^*$	kWh	27	33	39	45	44	38	38	356

## 7.3 Zone &lt;3&gt; WC

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 19,9\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$ 

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 17,3\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$ 

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,957	0,987	0,998	0,999	0,998	0,998	0,992	0,920
$\eta_{source,WE}$		0,922	0,993	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	0,823
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	61	41	40	41	41	37	41	445
$t_h$	h	493	744	720	744	744	672	744	7.326
$Q_{h,b,RE}$	kWh	428	806	1.224	1.514	1.485	1.283	1.161	9.374
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	38	114	155	143	122	84	666
$Q_T$	kWh	179	317	451	555	552	476	450	3.722
$Q_V$	kWh	375	665	946	1.163	1.157	998	943	7.804
$Q_S^*$	kWh	149	118	43	31	61	50	124	1.402
$Q_I^*$	kWh	18	22	25	29	28	24	24	246

## 7.4 Zone &lt;4&gt; Küche

Regelbetrieb (82,2%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 20,0\text{ °C}$  und  $Q_I = 33,6\text{ kWh/d}$ 

Wochenendbetrieb (17,8%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 17,3\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$ 

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,631	0,753	0,825	0,851	0,851	0,843	0,816	0,674
$\eta_{source,WE}$		0,993	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,882
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	14	16	15	16	16	14	16	153
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	7.753
$Q_{h,b,RE}$	kWh	652	1.463	2.329	2.978	2.959	2.524	2.289	17.853
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	7	21	30	29	23	16	125
$Q_T$	kWh	75	133	189	233	232	200	189	1.562
$Q_V$	kWh	1.141	2.024	2.878	3.537	3.520	3.036	2.869	23.736
$Q_S^*$	kWh	25	16	7	4	7	10	24	294
$Q_I^*$	kWh	544	672	714	763	761	681	728	7.077

## 7.5 Zone &lt;5&gt; Kantine

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 19,5\text{ °C}$  und  $Q_I = 3,3\text{ kWh/d}$ 

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 17,2\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$ 

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,813	0,926	0,969	0,980	0,978	0,972	0,947	0,790
$\eta_{source,WE}$		0,875	0,993	1,000	1,000	1,000	0,999	0,991	0,800
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	27	16	15	16	16	14	16	162
$t_h$	h	493	744	720	744	744	672	744	6.092
$Q_{h,b,RE}$	kWh	91	212	349	446	440	370	319	2.480
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	22	52	71	68	55	37	305
$Q_T$	kWh	82	145	206	253	252	217	205	1.700
$Q_V$	kWh	112	198	282	346	344	297	281	2.323
$Q_S^*$	kWh	64	41	18	10	16	25	59	656
$Q_I^*$	kWh	58	69	72	76	76	67	72	698

## 7.6 Zone &lt;6&gt; Abstellraum / Technik

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 20,0\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$ 

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 17,2\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$ 

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,928
$\eta_{source,WE}$		0,978	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,911
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	15	25	25	25	25	23	25	234
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	6.318
$Q_{h,b,RE}$	kWh	90	207	305	376	371	315	282	2.194
$Q_{h,b,WE}$	kWh	12	45	86	114	111	92	74	562
$Q_T$	kWh	130	231	328	404	402	346	327	2.708
$Q_V$	kWh	30	53	76	93	93	80	76	627
$Q_S^*$	kWh	57	31	14	8	12	18	42	629
$Q_I^*$	kWh	2	4	6	7	7	6	5	45

## 7.7 Zone &lt;7&gt; Personalraum

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 19,9\text{ °C}$  und  $Q_I = 3,2\text{ kWh/d}$ 

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 17,2\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$ 

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,835	0,957	0,986	0,991	0,990	0,987	0,971	0,808
$\eta_{source,WE}$		0,881	0,992	1,000	1,000	1,000	0,999	0,993	0,810
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	17	28	27	28	28	25	28	270
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	6.458
$Q_{h,b,RE}$	kWh	136	361	580	735	725	612	531	4.109
$Q_{h,b,WE}$	kWh	11	63	125	166	161	132	101	784
$Q_T$	kWh	192	341	485	596	593	511	483	3.997
$Q_V$	kWh	130	230	328	403	401	346	327	2.703
$Q_S^*$	kWh	110	69	31	18	27	41	96	1.108
$Q_I^*$	kWh	66	81	84	90	88	78	82	806

## 7.8 Zone &lt;8&gt; Mehrzweckraum

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 18,4\text{ °C}$  und  $Q_I = 4,4\text{ kWh/d}$ 

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 15,6\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$ 

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,699	0,910	0,987	0,993	0,988	0,989	0,962	0,700
$\eta_{source,WE}$		0,640	0,948	0,999	1,000	0,999	0,999	0,985	0,698
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	65	55	60	62	62	56	62	565
$t_h$	h	491	744	720	744	744	672	744	5.441
$Q_{h,b,RE}$	kWh	72	303	687	909	855	739	567	4.430
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	18	140	203	178	153	81	772
$Q_T$	kWh	203	423	643	807	802	688	637	4.961
$Q_V$	kWh	132	275	417	524	521	447	414	3.223
$Q_S^*$	kWh	215	236	87	64	135	104	249	1.897
$Q_I^*$	kWh	104	144	158	170	166	148	155	1.326

## 7.9 Summe Heizwärmebedarf

	$Q_T$ kWh/a	$Q_V$ kWh/a	$Q_S^*$ kWh/a	$Q_I^*$ kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/(m² a)
<1> Gruppenraum	18.876	13.045	7.492	4.211	21.200	110,5
<2> Verkehrsfläche	5.874	2.001	2.048	356	5.771	63,3
<3> WC	3.722	7.804	1.402	246	10.040	215,2
<4> Küche	1.562	23.736	294	7.077	17.979	994,9
<5> Kantine	1.700	2.323	656	698	2.785	156,3
<6> Abstellraum / T	2.708	627	629	45	2.756	96,3
<7> Personalraum	3.997	2.703	1.108	806	4.893	154,7
<8> Mehrzweckraum	4.961	3.223	1.897	1.326	5.202	74,1
	43.400	55.461	15.525	14.764	70.625	142,4

## 10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

### 10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (20), mit Dachoberlichtern (1)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	$E_m$ lx	$AT_L$ m <sup>2</sup>	$AR_B$ m <sup>2</sup>	Tageslicht	$C_{TL}$ %
1 A 0201 FAW N-W	N-W 3	200	4,9	1,9	gut	90
2 A 0306 FAW N-O	N-O 5	200	15,8	7,8	gut	91
3 A 0401 FAW N-W	N-W 2	100	14,3	7,8	gut	93
4 A 0404 FAW S-W	S-W 2	100	8,9	4,6	gut	90
6 A 0504 FAW S-W	S-W 1	300	15,2	1,9	gering	58
7 A 0505 FAW S-O	S-O 1	300	44,9	17,9	gut	86
8 A 0605 FAW S-O	S-O 1	300	42,3	17,9	gut	87
9 A 0606 FAW N-O	N-O 1	300	5,6	1,9	gut	82
10 A 0701 FAW N-W	N-W 6	100	3,8	1,9	gut	94
11 A 0703 FAW N-W	N-W 6	100	11,9	3,9	gut	87
12 A 0806 FAW N-O	N-O 4	500	19,3	3,6	mittel	49
13 A 0901 FAW N-W	N-W 7	300	10,5	3,6	gut	86
14 A 1002 FAW S-W	S-W 8	300	15,8	3,2	mittel	68
15 A 1003 FAW S-O	S-O 8	300	25,6	11,7	gut	87
16 A 1101 FAW N-W	N-W 7	300	11,5	6,0	gut	93
17 A 1104 FAW N-O	N-O 7	300	3,8	3,6	gut	97
18 A 1206 FAW S-O	S-O 3	200	7,9	3,7	gut	89
19 A 1207 FAW S-W	S-W 3	200	5,8	2,9	gut	90
20 A 1301 FAW N-W	N-W 1	300	44,7	18,2	gut	89
21 A 1404 FAW N-O	N-O 1	300	11,7	2,9	mittel	72

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich	Zone	$E_m$ lx	$AT_L$ m <sup>2</sup>	$AR_B$ m <sup>2</sup>	Tageslicht	$C_{TL}$ %
5 A 0415 FD	2	100	84,5	2,0	keine	0

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	$ANGF$ [m <sup>2</sup> ]	$AT_L$ [m <sup>2</sup> ]	$AK_{TL}$ [m <sup>2</sup> ]
<1> Gruppenraum	192	165	27
<2> Verkehrsfläche	91	108	-17
<3> WC	47	19	28
<4> Küche	18	19	-1
<5> Kantine	18	16	2
<6> Abstellraum / Techni	29	16	13
<7> Personalraum	32	26	6
<8> Mehrzweckraum	70	41	29

$AT_L$  = tageslichtversorgte Fläche =  $\alpha_{TL} \cdot b_{TL}$ , bei Dachoberlichtern manueller Ansatz

mit  $\alpha_{TL}$  = Tiefe des Tageslichtbereichs =  $2.5 \cdot (h_{St} - h_{Ne})$ , max. Raumtiefe,  $h_{St}$  = Sturzhöhe der Rohbauöffnungen,  $h_{Ne}$  = Höhe der Nutzenebene über dem Fußboden, und  $b_{TL}$  = Breite des Tageslichtbereichs

$AR_B$  = Fensterfläche (Rohbaumaße),  $E_m$  = Wartungswert der Beleuchtungsstärke (Zonenrandbedingung)

Tageslichtquotient  $DR_B = \max[(4.13 + 20 \cdot I_{Tr} - 1.36 \cdot I_{Rt}) \cdot I_v; 0]$  (Gl.30),

bei Dachoberlichtern  $D_j = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k \cdot AR_B / AT_L \cdot \eta_R$  (Gl. 35), mit  $D_a$  = Außentageslichtquotient nach Tab.17,  $\eta_R$  = Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19

$c_{TL}$  = Tageslichtversorgungsfaktor =  $c_{TL,Vers,SA} \cdot (1 - t_{rel,TL,SA}) + c_{TL,Vers,SA} \cdot t_{rel,TL,SA}$  (Gl.31)

$c_{TL}$  bei Dachoberlichtern nach Tab.23/24, abhängig von der Dachneigung und Flächenorientierung



## 10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich			CTL	CTL <sub>,kon</sub>	FTL	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun
						%	%	%	%	%	%
1	A	0201 FAW N-W	3	90	60	54	47	43	39	37	37
2	A	0306 FAW N-O	5	91	60	54	47	42	39	37	36
3	A	0401 FAW N-W	2	93	60	52	46	41	37	35	35
4	A	0404 FAW S-W	2	90	60	54	48	43	40	37	37
5	A	0415 FD	2	0	50	100	100	100	100	100	100
6	A	0504 FAW S-W	1	58	50	76	72	69	68	67	66
7	A	0505 FAW S-O	1	86	60	56	50	45	42	40	40
8	A	0605 FAW S-O	1	87	60	56	49	45	42	40	39
9	A	0606 FAW N-O	1	82	60	58	52	48	45	43	42
10	A	0701 FAW N-W	6	94	60	52	46	41	37	35	34
11	A	0703 FAW N-W	6	87	60	55	49	44	41	39	39
12	A	0806 FAW N-O	4	49	52	78	75	73	72	71	70
13	A	0901 FAW N-W	7	86	60	56	50	45	42	40	39
14	A	1002 FAW S-W	8	68	55	68	64	60	58	57	56
15	A	1003 FAW S-O	8	87	60	56	49	45	41	39	39
16	A	1101 FAW N-W	7	93	60	53	46	41	38	35	35
17	A	1104 FAW N-O	7	97	60	50	43	38	35	32	32
18	A	1206 FAW S-O	3	89	60	55	48	43	40	38	37
19	A	1207 FAW S-W	3	90	60	54	48	43	40	37	37
20	A	1301 FAW N-W	1	89	60	54	48	43	40	38	37
21	A	1404 FAW N-O	1	72	55	67	62	58	56	54	54

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

CTL<sub>,kon</sub> = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25

FTL = Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Betriebszeitanteil Kunstlicht) nach Gl.39

FTL = max[1 - v<sub>Monat</sub> \* CTL \* CTL<sub>,kon</sub>; 0], Verteilungsschlüssel v<sub>Monat</sub> nach Tab.26 / 27

## 10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (27)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich			Zone	E <sub>m</sub> lx	Lampen	P <sub>j</sub> W/m <sup>2</sup>	f <sub>Prä</sub>	t <sub>T,TL</sub> h/m	t <sub>T,KTL</sub> h/a	t <sub>N</sub> h/a	Q <sub>l,b</sub> kWh/m
1	A	0201 FAW N-W	3	200	9-1-1	3,6	0,55	64	1399	114	1
2	A	0306 FAW N-O	5	200	9-1-1	2,3	1,00	80	1750	0	3
3	A	0401 FAW N-W	2	100	9-1-1	1,8	0,60	68	1526	124	2
4	A	0404 FAW S-W	2	100	9-1-1	1,8	0,60	70	1526	124	1
5	A	0415 FD	2	100	9-1-1	1,8	0,60	130	1526	124	21
6	A	0504 FAW S-W	1	300	9-1-1	3,6	0,88	79	1225	0	4
7	A	0505 FAW S-O	1	300	9-1-1	3,6	0,88	58	1225	0	9
8	A	0605 FAW S-O	1	300	9-1-1	3,6	0,88	58	1225	0	9
9	A	0606 FAW N-O	1	300	9-1-1	3,6	0,88	60	1225	0	1
10	A	0701 FAW N-W	6	100	9-1-1	2,6	0,07	8	175	14	0
11	A	0703 FAW N-W	6	100	9-1-1	2,6	0,07	8	175	14	0
12	A	0806 FAW N-O	4	500	9-1-1	6,4	1,00	161	2411	1489	35
13	A	0901 FAW N-W	7	300	9-1-1	4,0	0,75	91	1907	155	4
14	A	1002 FAW S-W	8	300	9-1-1	3,7	0,85	124	2133	1055	12
15	A	1003 FAW S-O	8	300	9-1-1	3,7	0,85	101	2133	1055	18
16	A	1101 FAW N-W	7	300	9-1-1	4,0	0,75	85	1907	155	4
17	A	1104 FAW N-O	7	300	9-1-1	4,0	0,75	81	1907	155	1
18	A	1206 FAW S-O	3	200	9-1-1	3,6	0,55	65	1399	114	2
19	A	1207 FAW S-W	3	200	9-1-1	3,6	0,55	64	1399	114	2
20	A	1301 FAW N-W	1	300	9-1-1	3,6	0,88	57	1225	0	9
21	A	1404 FAW N-O	1	300	9-1-1	3,6	0,88	69	1225	0	3
22	A	in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,6	0,88	0	1225	0	10
23	A	in <3> ohne TL	3	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	13

24	A in <5> ohne TL	5	200	9-1-1	2,3	1,00	0	1750	0	1
25	A in <6> ohne TL	6	100	9-1-1	2,6	0,07	0	175	14	1
26	A in <7> ohne TL	7	300	9-1-1	4,0	0,75	0	1907	155	4
27	A in <8> ohne TL	8	300	9-1-1	3,7	0,85	0	2133	1055	29

199

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt,  $A_{KL} = 514 \text{ m}^2$ 

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

**10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung  $Q_{l,f}$** 

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> Gruppenrau	35	39	41	46	41	34	35	435
<2> Verkehrsfl	23	25	24	25	25	22	24	287
<3> WC	17	18	18	19	18	16	17	205
<4> Küche	33	35	34	36	35	31	34	403
<5> Kantine	3	3	4	4	4	3	3	37
<6> Abstellrau	1	1	1	1	1	1	1	11
<7> Personalra	12	14	14	16	14	12	12	152
<8> Mehrzweckr	55	58	58	62	59	52	56	672
	179	191	193	210	197	171	183	2.201

 $p_j$  = elektrische Bewertungsleistung =  $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$  W/m<sup>2</sup> (Gl.11)mit  $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$  = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen $t_{T,TL} / t_{T,KTL}$  = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit $t_N$  = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit,  $t_{Nacht} / t_{Tag}$  siehe DIN V 18599-10 $Q_{l,b}$  = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung =  $p_j \cdot [ATL \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + AKTL \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$  (Gl.2) $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$  = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)**11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)****11.1 Kühlenergiebedarf**

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)

Betrachtungsmonat Juli

Zone	$Q_{sink}$	$Q_{source}$	$\gamma$	$c_{wirk}$	$\tau$	$\eta$
<1> Gruppenraum	32	72	2,282	50,000	21,88	0,401
<2> Verkehrsfläche	6	14	2,228	50,000	52,79	0,440
<3> WC	11	8	0,675	50,000	14,90	0,778
<4> Küche	23	38	1,642	50,000	2,84	0,408
<5> Kantine	4	9	2,317	50,000	16,52	0,384
<6> Abstellraum / Technik	3	4	1,443	50,000	39,04	0,617
<7> Personalraum	6	12	2,070	50,000	19,10	0,427
<8> Mehrzweckraum	8	20	2,345	50,000	29,89	0,404

## Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ $Q_{C,b}$ (Raumklima)								
<1> Gruppenrau	5	9	8	32	156	331	532	2.675
<2> Verkehrsfl	-	-	-	0	6	45	114	453
<3> WC	-	0	0	1	5	11	21	107
<4> Küche	121	122	116	153	205	320	410	3.170
<5> Kantine	1	1	2	5	20	50	82	391
<6> Abstellrau	-	-	-	-	1	5	18	69
<7> Personalra	1	1	1	4	20	61	109	475
<8> Mehrzweckr	1	2	2	8	49	107	176	910

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme  $Q_{C,b}$

$Q_{C,b} = (1 - \eta) \cdot Q_{\text{source}}$  mit  $Q_{\text{source}} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{\text{source}}$  (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)

berechnet mit  $\theta_{i,c} = \theta_{i,c,\text{soll}} - 2K$  (T2 Gl.39),  $c_{\text{wirk}}$  und Zeitkonstante  $\tau$  siehe Abschnitt 6.0

11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung  $Q_{C,\text{max}}$ 

$Q_{C,\text{max}}$  nach DIN V 18599-2, Anhang C

Zone	$t_{C,\text{op,d}}$ h/d	$Q_{C,\text{max,Juli}}$ kW	$Q_{C,\text{max,Sept}}$ kW	techn. gekühlt
<1> Gruppenraum	9	14,2	11,7	nein
<2> Verkehrsfläche	13	2,8	1,9	nein
<3> WC	13	1,7	1,0	nein
<4> Küche	15	3,1	1,3	nein
<5> Kantine	9	2,0	1,3	nein
<6> Abstellraum / Technik	13	0,8	0,3	nein
<7> Personalraum	13	2,3	1,1	nein
<8> Mehrzweckraum	17	3,0	2,8	nein
		29,9	21,4	

$Q_{C,\text{max}} = 0.8 \cdot (Q_{\text{source}} - Q_{\text{sink}}) \cdot (1 + 0.3 \cdot \text{EXP}(-\tau/120)) - c_{\text{wirk}}/60 \cdot (\Delta\theta - 2) + c_{\text{wirk}}/40 \cdot (12 / t_{C-1})$  (T2, C.1)

mit  $t_{C,\text{op,d}}$  = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und  $\Delta\theta$  = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

## 12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

### 12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/M
<1> Gruppenraum	nicht relevant			-
<2> Verkehrsfläche	nicht relevant			-
<3> WC	nicht relevant			-
<4> Küche	nicht relevant			-
<5> Kantine	nicht relevant			-
<6> Abstellraum / Te	nicht relevant			-
<7> Personalraum	nicht relevant			-
<8> Mehrzweckraum	nicht relevant			-

$$Q_{w,b} = q_{w,b} \cdot d_{mth} \cdot d_{nutz} / 365 \cdot \text{Menge} \text{ [kWh/Monat]} \text{ (DIN V 18599-10)}$$

## 13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

### 13.1 Maximal erforderliche Heizleistung $Q_{h,max}$

nach T2, Anhang B, Bemessungsmonat = Januar mit  $\theta_{i,h,min}$  zonenbezogen und  $\theta_{e,min} = -12^\circ\text{C}$

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	$V_{mech}$ m <sup>3</sup> /h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
<1> Gruppenraum	6,9	3,6	0	0,0	10,5
<2> Verkehrsfläche	2,1	0,4	0	0,0	2,4
<3> WC	1,3	1,8	0	0,0	3,2
<4> Küche	0,5	4,8	0	0,0	5,4
<5> Kantine	0,6	0,6	0	0,0	1,2
<6> Abstellraum / Technik	1,0	0,1	0	0,0	1,1
<7> Personalraum	1,4	0,6	0	0,0	2,0
<8> Mehrzweckraum	2,1	0,8	0	0,0	2,9

$Q_{T,max}$  = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten Zonen  $Q_{T,iz}$  temperaturgewichtet mit  $T_{i,min,H}$ .

$Q_{V,max}$  = Heizleistung zur Deckung der Lüftungswärmeverluste aus Infiltration und Fensterlüftung

$V_{mech} = n_{mech,ZUL} \cdot V$  = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

$Q_{V,mech} = 0,34 \cdot V_{mech} \cdot (\theta_{i,h,min} - \theta_V)$  = Heizleistung für die Nacherwärmung der Zuluft (RLT mit WRG)

$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + Q_{V,max}$  = Heizleistung (T2 Gl.B.1)

### 13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone(n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Fußbodenheizung Nasssystem		*	70.625	28,6	0,0
2					
* = 1/2/3/4/5/6/7/8/					

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich,  $n \leq 10$ , System Nasssystem, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

## Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b,<1>}$	kWh	2.105	5.618	10.069	12.937	12.502	10.680	8.898	70.625

Nutz-Heizwärmebedarf  $Q_{h,b}$  nach T2, maximale Heizleistung  $\Phi_{h,max}$  (T2, Anhang B) und Kesselnennleistung  $Q_{N,h}$  nach T5, 5.4

## 13.3 Heizzeiten

## (1) Bereich "Fußbodenheizung Nasssystem", Leitzone &lt;4&gt; Küche

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <4>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.753
$t_{h,rL,d} <4>$	h/d	15	15	17	19	19	18	17	
$d_{h,rB} <4>$	d/m	25	27	27	28	28	25	28	281
$t_{h,rL} <4>$	h/m	372	405	467	531	529	466	474	4.640

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$  = monatliche Heizzeiten nach DIN V 18599-2, D.2

$t_{h,rL,day} = 24 - f_{L,NA} * (24 - t_{h,op,day})$  (T5 Gl.24) mit

$t_{h,op,day}$  = tägliche Heizzeit (Nutzungsrandbedingung) und  $f_{L,NA}$  = Laufzeitfaktor

$d_{h,rB}$  = monatliche, rechnerische Betriebstage der Heizung (T5 Gl.28)

$t_{h,rL} = t_{h,rL,day} * d_{h,rB}$  = monatliche, rechnerische Laufzeit

## 13.4 Heizwärmeübergabe

## (1) Fußbodenheizung Nasssystem

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich,  $n \leq 10$ , System Nasssystem, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta\vartheta_{ce} = 0+1,2+(0,7+0,5)/2+0+0,2+0 = 2,00^\circ\text{K}$  (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (Gl.34) (14,3%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Stellantriebe nicht relevant / bereits enthalten (0,0 Watt)

## Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Fußbodenheizung Nasssystem									
$Q_{h,b}$	kWh	2.105	5.618	10.069	12.937	12.502	10.680	8.898	70.625
$Q_{h,ce}$	kWh	660	1.026	1.252	1.353	1.313	1.175	1.147	10.109
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	2.765	6.645	11.321	14.290	13.815	11.855	10.045	80.734

Nutz-Heizwärmebedarf  $Q_{h,b}$  (nach T2), Regel- und WE-Betrieb

Verluste der Wärmeübergabe  $Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (monatlich, Gl.34)

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta\vartheta_{ce}$  (Tab.9 ff) für hydraulischen Abgleich, Übergabesystem, Raumtemperaturregelung, Übertemperatur, spezifische Wärmeverluste der Außenbauteile, Strahlungswirkung, intermittierenden Heizbetrieb und Gebäudeautomation

## 13.5 Heizwärmeverteilung

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3  
 Hilfsenergiebedarf  $W_{h,d}$  der Heizungspumpe

## (1) Fußbodenheizung Nasssystem

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 2  
 Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{Nutz,Heizbereich} = 496,0$   
 $m^2$ , Geschosshöhe i.M. = 3,40 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\theta_{VA} = 35\text{ °C}$  /  $\theta_{RA} = 28\text{ °C}$ ,  $T_{i,Soll,<4>} = 21,0\text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen  $U_i$  nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 39 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger,  
 Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren  $f_{hydr}$ , Abgleich = 1,00,  $f_{Netzform}$  = 1,00,  $f_{d,Pumpenmanagement}$  = 1,00

Heizungspumpe,  $P_{Pumpe}$  unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Fußbodenheizung Nasssystem			
Leitungslängen $l_i$	112,7 m	7,2 m	- m
Wärmedurchgangszahlen $U_i$	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

Mittlere Heizkreistemperaturen  $\theta_{VL,av}$ (Vorlauf) und  $\theta_{RL,av}$ (Rücklauf), Verluste der Verteilung  
 $Q_{h,d}$ , daraus resultierende, unregelmäßige Wärmeeinträge  $Q_{l,h,d}$  und Hilfsenergiebedarf  $Q_{h,d,aux}$

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Fußbodenheizung Nasssystem								
$\beta_{h,d}$	0,13	0,31	0,55	0,67	0,65	0,62	0,47	
$\theta_{VL,av}$ °C	23,3	25,9	29,1	30,8	30,5	30,0	28,1	
$\theta_{RL,av}$ °C	22,1	23,4	25,1	25,9	25,7	25,5	24,5	
$Q_{h,d}$ kWh	24	46	81	108	105	88	73	615
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$ kWh	24	46	81	108	105	88	73	615

Leitungsverluste  $Q_{h,d} = 0,8\%$ , unregelmäßige Wärmeeinträge  $Q_{l,h,d} = 0,8\%$

Aufteilung  $Q_{l,h,d}$ : nach Grundflächenanteilen

Mittlere Vorlauf-, Rücklauf- und Heizkreistemperaturen ( $\theta_{VL,av}$ ,  $\theta_{RL,av}$ ,  $\theta_{HK,av}$ ) nach T5 Abs. 5.3

Belastungsgrad der Wärmeverteilung  $\beta_{h,d}$  nach Gl.9

$Q_{h,d}$  = Wärmeverluste des Rohrnetzes =  $\sum l_i \cdot U_i (\theta_{HK,m} - \theta_{l,i}) \cdot t_{h,rl,i}/1000$  [kWh] (Gl.52)

$Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$  = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$  = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)

mit  $W_{h,d,hydr}$  = hydraulischer Energiebedarf (Gl.56) und  $e_{h,d,aux}$  = Pumpen-Aufwandszahl (Gl.61)

## 13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

## (1) Fußbodenheizung Nasssystem

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$ kWh	2.790	6.690	11.402	14.398	13.919	11.943	10.118	81.349

$Q_{h,out} = Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d}$  in [kWh]

### 13.7 Heizwärmepufferspeicher

nicht vorgesehen

### 13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

### 13.9 Heizungswärmepumpen

Heizbereiche (1)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem  
Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010  
für Heizung und WW, 31,4 kW  
Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand COP = 3,8 bei A7/W35

Die Leistungszahlen (COP) werden für die mittleren, monatlichen Vorlauftemperaturen  $\theta_{VL}(\beta_h)$

(Gl.14) und stundenanteilig für die Temperaturklassen -7 / 2 / 7 / 20 °C korrigiert

Stundensummen in den Temperaturklassen nach DIN V 18599-5, Tab.31

COP-Koeffizienten durch Inter- / Extrapolation aus tabellierten Werten (Normwerte / Herstellerangaben)

Nachheizung mit elektrischem Heizstab

$Q_{h,outg} = Q_{h,b} + Q_{h,d} + Q_{h,s} - Q_{h,sol}$  = Nutzwärmeabgabe für Heizung, monatlich

Nutzwärmeabgabe und Laufzeiten für die WW-Bereitung siehe "Warmwassersysteme"

COP = Leistungszahl der Wärmepumpe, monatlich,  $t_{ON}$  = tägliche Laufzeit

$Q_{h,f}$  = Endenergiebedarf der WP,  $Q_{h,f,bu}$  = Nutz- / Endenergiebedarf der Nachheizung

$Q_{h,in}$  = regenerativer Energieertrag (Gl.149),  $W_{h,gen}$  = Hilfsendenergiebedarf

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl<sub>HZg</sub> = 3,69

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	2.790	6.690	11.402	14.398	13.919	11.943	10.118	81.349
COP		4,89	4,20	3,85	3,56	3,61	3,64	3,86	
$t_{ON,g,d}$	h/d	2,8	6,9	12,8	16,0	15,2	14,9	11,2	
$Q_{h,f}$	kWh	667	1.683	2.997	3.856	3.644	3.226	2.701	21.302
$Q_{h,f,bu}$	kWh	-	-	195	907	1.122	486	110	2.823
$Q_{h,f,sum}$	kWh	667	1.683	3.192	4.764	4.766	3.712	2.811	24.125
$Q_{h,in}$	kWh	2.123	5.008	8.210	9.634	9.154	8.231	7.307	57.224

### 13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

nicht vorgesehen

## 13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	667	1.683	3.192	4.764	4.766	3.712	2.811	24.125
$W_h$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
eco-Strom	kWh	667	1.683	3.192	4.764	4.766	3.712	2.811	24.125
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,3	0,6	1,0	1,3	1,3	1,2	0,9	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,1	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,1	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	
$Q_{I,h,<7>}$	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
$Q_{I,h,<8>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	

$Q_{h,f}$  = Endenergiebedarf Heizung =  $Q_{h,b} + Q_{h,ce} + Q_{h,d} + Q_{h,s} + Q_{h,g} - Q_{h,sol}$  (Gl.4)

$W_h$  = Hilfsenergiebedarf =  $W_{h,ce} + W_{h,d} + W_{h,s} + W_{h,gen}$  (Gl.6)

$Q_{I,h}$  = unregelmäßige Wärmeeinträge =  $Q_{I,h,d} + Q_{I,h,s} + Q_{I,h,g}$  (Gl.7)

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelmäßige Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

## 14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

## 14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

## 14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	$f_P$	$f_{Hs/Hi}$	$Q_P$ kWh/a
eco-Strom	Heizwärme	*	24.125	1,80	1,00	43.425
Strom-Mix	Beleuchtung	**	2.201	1,80	1,00	3.963
$\Sigma$ [kWh/Jahr]			26.327			47.388

\* = 1/2/3/4/5/6/7/8/

\*\* = 1/2/3/4/5/6/7/8/

$Q_P = \Sigma Q_{f,i} \cdot f_{P,i} / f_{Hs/Hi,i}$  (DIN V 18599-1, Gl.22)

Jahres-Primärenergiebedarf  $q_P = 47.388 / 496 = 95,5$  kWh/(m²a) ( $\Sigma A_{NGF} = 496$  m²)

Endenergie brennwertbezogen = 26.327 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

$f_P$  = Primärenergiefaktoren energieträgerbezogen nach DIN V 18599-1, Tab.A.1

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 0,0 kWh/(m²a), eco-Strom 48,6 kWh/(m²a), Strom-Mix 4,4 kWh/(m²a)



*Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>)*

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO <sub>2</sub> /kWh	Emissionen kg/a	kg/(m <sup>2</sup> a)
eco-Strom	24.125	560	13.510	
Strom-Mix	2.201	560	1.233	
	26.326		14.743	29,7

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen  
Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018

*14.3 Endenergiebedarf nach Zonen*

siehe Abschnitt Zone	m <sup>2</sup>	RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
<1> Gruppenraum	192	-	435	-	-	7.242	7.677
<2> Verkehrsfläch	91	-	287	-	-	1.971	2.258
<3> WC	47	-	205	-	-	3.428	3.633
<4> Küche	18	-	402	-	-	6.132	6.534
<5> Kantine	18	-	37	-	-	952	988
<6> Abstellraum /	29	-	11	-	-	942	953
<7> Personalraum	32	-	152	-	-	1.673	1.825
<8> Mehrzweckraum	70	-	672	-	-	1.777	2.448
Gebäude	496	-	2.201	-	-	24.125	26.327

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

Die Aufteilung der Endenergieanteile aus Prozessbereichen mit mehreren Zonen erfolgt lastabhängig.

*14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis*

	RLT kWh/m <sup>2</sup> a	Beleucht. kWh/m <sup>2</sup> a	Klima kWh/m <sup>2</sup> a	Warmwasser kWh/m <sup>2</sup> a	Heizung kWh/m <sup>2</sup> a	Summe kWh/m <sup>2</sup> a
Nutzenergiebedarf	0,0	4,4	0,0	0,0	142,4	146,8
Endenergiebedarf	0,0	4,4	0,0	0,0	48,6	53,1
Primärenergiebedarf	0,0	8,0	0,0	0,0	87,6	95,5

Energiebedarf für den Energieausweis mit Hilfsenergie (Ventilator-, Pumpenstrom, ...)

## 15.0 Nachweise

für ein neu errichtetes Gebäude  
Referenzberechnung = "Gebäude-Referenz2020"

### 15.1 Nachweis der thermischen Hülle

Grenzwerte für Nichtwohngebäude nach GEG '20 siehe "2.3 Begrenzung der U-Werte"  
Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**

### 15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 18  
zul  $q_{P,REF} = 202,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , aus der Referenzberechnung  
zul  $q_P = 202,7 - 45\% = 111,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , geforderte Unterschreitung nach GEG §18 und GEG-Novelle 2023 / 2024  
vorh  $q_P = 47.388 / 496,0 = 95,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

vorh  $q_P = 95,5 \leq 111,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , **Grenzwert wird eingehalten**

### 15.8 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

Nachweis 65% Erneuerbare  
Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71  
Heizungsanlagen müssen die benötigte Wärme zu mindestens 65% aus erneuerbaren Energien erzeugen

benötigte Wärme im Gebäude 81.349 kWh/a

genutzte erneuerbare Energien

1. aus thermischen Solaranlagen	- kWh/a
2. aus elektrischen Wärmepumpen	81.349 kWh/a
3. aus gasmotorischen Wärmepumpen	- kWh/a
4. aus Stromdirektheizung	- kWh/a
5. aus unvermeidbarer Abwärme	- kWh/a
6. aus Wärmenetzen	- kWh/a
7. aus Biomasse / Wasserstoff	- kWh/a

---

Summe erneuerbare Energien	81.349 kWh/a	100 %
----------------------------	--------------	-------

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie  $DA_{EE} = 81348,5/81348,6 \cdot 100 = 100\%$  (Entwurf Bbl.2 Gl.5)

Die Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71 (65,0% erneuerbar) **werden erfüllt**

## 17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien

### 17.1 Nutzung von erneuerbaren Energien nach GEG 2020, §§ 34 ff

Nachweis für privat genutzte Gebäude

Wärme- und Kälteenergiebedarf =  $24125 + 0 + 57224 = 81.349 \text{ kWh/Jahr}$  (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil		Nutzungs- anteil
		erzielt	gefordert	
Umweltenergie [Hzg-WP]	78.525	96,5 %	50,0 %	193,0 %
				193,0 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Nachweis mit  $HT'_{\text{Grenzwert}} = HT'_{\text{Referenzberechnung}}$ , ohne Nachweis der QP-Unterschreitung

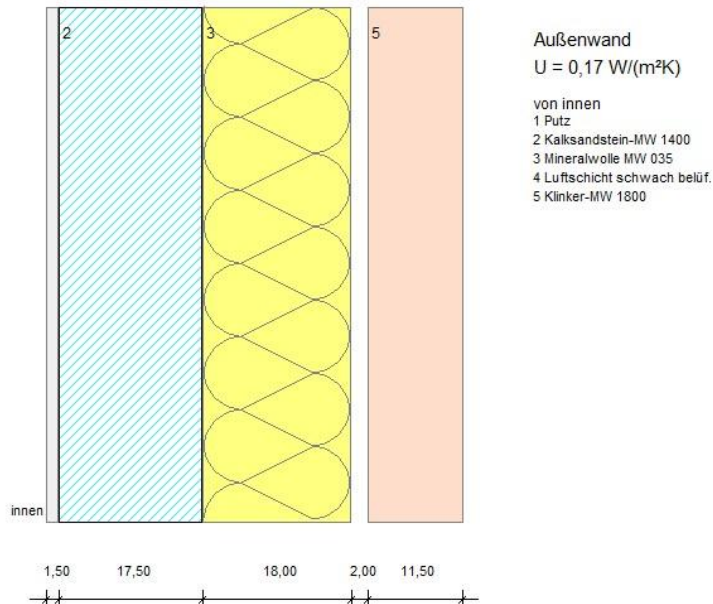
		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs-
				erzielt	gefordert	anteil
HT' - Wert	W/(m²K)	0,35	0,32	8,9 %	15,0 %	59,5 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe =  $252,5 \% \geq$  Nutzungspflichtanteil = 100 %

Die Anforderungen aus dem GEG 2020 Abs.4 **werden erfüllt**

## Bauteilquerschnitt

### Bauteil: Außenwand



### Bauteiltyp "Außenwand" (3)

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W / (mK)	R m <sup>2</sup> K/W
$R_{si}$					0,130
01 Putz	1,50	1200	18,0	0,510	0,029
02 Kalksandstein-MW 1400	17,50	1400	245,0	0,700	0,250
03 Mineralwolle MW 035	18,00	20	3,6	0,035	5,143
04 Luftschicht schwach belüf.	2,00	1	0,0	–	0,160
05 Klinker-MW 1800	11,50	1800	207,0	0,810	0,142
$R_{se}$					0,040
<hr/>					
	d = 50,50	G = 473,6		$R_T = 6,04$	

schwach belüftete Luftschicht = "Luftschicht schwach belüf." (4),  $A_V = \text{mm}^2$

$$\Rightarrow R = (1500-)/1000 \cdot 5,724 + (-500)/1000 \cdot 5,422 = \mathbf{5,88 \text{ m}^2\text{K/W}} \text{ (EN ISO 6946:2018, Gl.11)}$$

Hinweis: Für den Diffusionsnachweis empfehlen wir die Verwendung einer "ruhenden Luftschicht"

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = \mathbf{0,165 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$  (ohne Korrekturen)

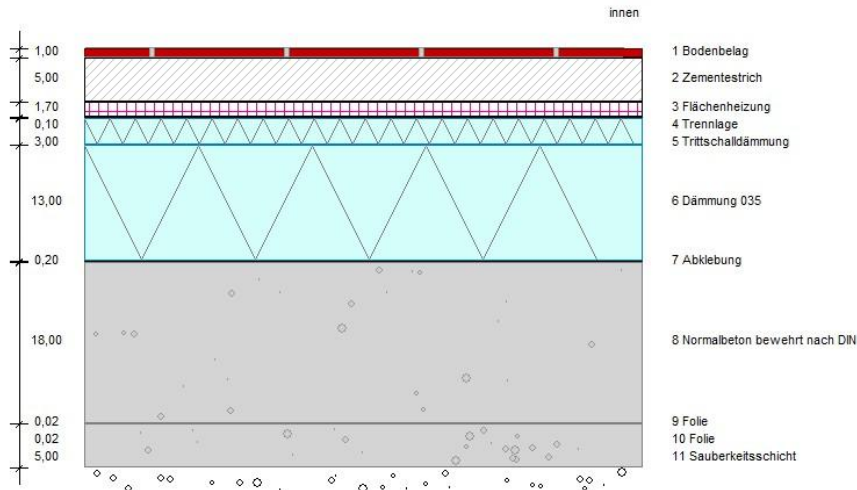
### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).  
 Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 5,88 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

## Bauteilquerschnitt

### Bauteil: EG-Fußboden



EG-Fußboden  
 $U = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

### Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W
$R_{si}$					0,170
01 Bodenbelag	1,00	2000	20,0	1,000	0,010
02 Zementestrich	5,00	2000	100,0	1,400	0,036
03 Flächenheizung	1,70	-	10,0	-	-
04 Trennlage	0,10	1150	1,1	-	-
05 Trittschalldämmung	3,00	20	0,6	0,040	0,750
06 Dämmung 035	13,00	20	2,6	0,035	3,714
07 Abklebung	0,20	1100	2,2	0,230	0,009
08 Normalbeton bewehrt nach DIN	18,00	2400	432,0	2,100	0,086
09 Folie	0,02	1150	0,2	-	-
10 Folie	0,02	1150	0,2	-	-
11 Sauberkeitsschicht	5,00	2200	110,0	2,100	0,024
$R_{se}$					0,000
<hr/>					
d =	47,04	G =	679,0	$R_T =$	4,80

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,208 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

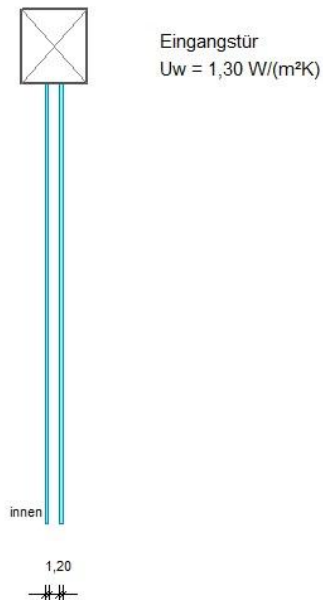
### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Sohlplatten, unmittelbar an das Erdreich grenzend bis zu einer Raumtiefe von 5 m (DIN 4108-2:2013. Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 4,63 \geq 0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

## Bauteilquerschnitt

### Bauteil: Eingangstür



Bauteiltyp "Fenster" (20)

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Fenster

plus C E, 4/16/4,  $U_g = 1,1$ ,  $g = 60\%$

Rahmen aus Profilen  $U_f = 1,3 - 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ , DIN V 4108-4:2002, Tab.7,  $U_{f,BW} = 1,4$

*Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1*

---

Einfachfenster, Tabellenwert  $U_W = 1,30 (1,3) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zweischeiben-Isolierverglasung und 30% Rahmenanteil nach Tab. F.1  
mit  $U_g = 1,10$  und  $U_f = 1,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_W = 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  wird für die weiteren Berechnungen angenommen

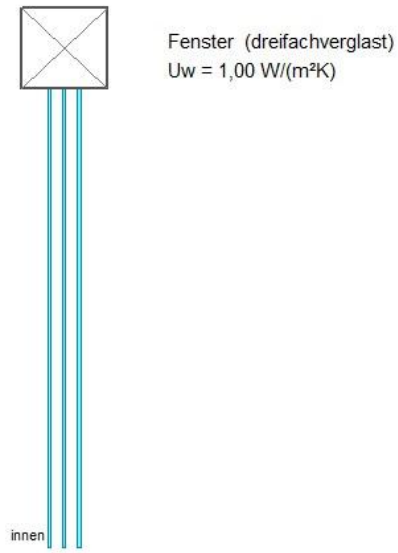
### Änderung von Außenbauteilen an bestehenden Gebäuden / Gebäudezonen (EnEV '09)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau der Fenster oder Fenstertüren

$U \quad 1,30 \leq 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

## Bauteilquerschnitt

### Bauteil: Fenster (dreifachverglast)



Bauteiltyp "Fenster" (20)

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Fenster

Isolierverglasung 4-8-4-8-4, Kryptonfüllung, beschichtet,  $\varepsilon \leq 0,1$ ,  $U_g = 0,8$ ,  $t_{D65} = 0,50$   
 Rahmen aus Profilen  $U_f = 0,90 - 1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , DIN V 4108-4:2004, Tab.9,  $U_{f,BW} = 1,0$

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

---

Einfachfenster, Tabellenwert  $U_w = 1,00 (1,0) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, 30% Rahmenanteil, Tab. F.3  
 (verbesserter Randverbund)  
 mit  $U_g = 0,80$  und  $U_f = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

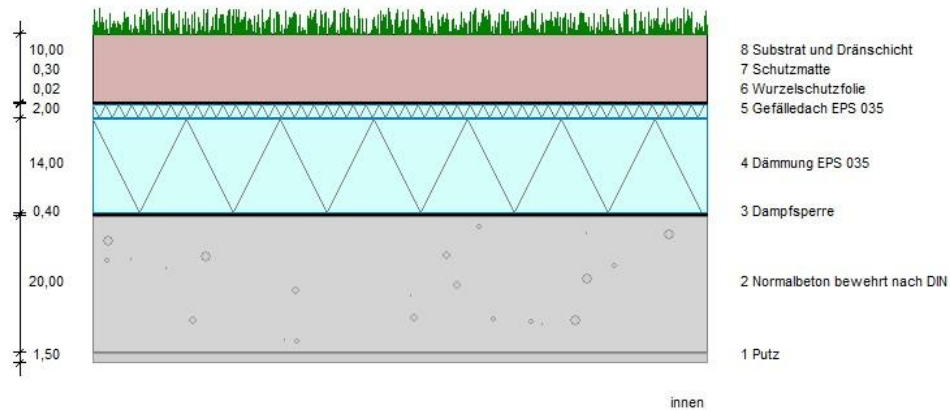
$U_w = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,000 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (manuell festgelegt)  
 (Fenster mit  $A_g = 70\%$  Verglasung, Energiedurchlassgrad  $g = 55\%$ , Lichttransmissionsgrad  $t_{D65} = 0,50$ )

## Bauteilquerschnitt

### Bauteil: Fachdach über Erdgeschoss



Fachdach über Erdgeschoss  
 $U = 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft" (1)

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W
$R_{si}$					0,100
01 Putz	1,50	1800	27,0	1,000	0,015
02 Normalbeton bewehrt nach DIN	20,00	2400	480,0	2,100	0,095
03 Dampfsperre	0,40	1150	4,6	-	-
04 Dämmung EPS 035	14,00	20	2,8	0,035	4,000
05 Gefälledach EPS 035	2,00	25	0,5	0,035	0,571
06 Wurzelschutzfolie	0,02	-	0,4	-	-
07 Schutzmatte	0,30	-	0,5	-	-
08 Substrat und Dränschicht	10,00	1000	100,0	-	-
$R_{se}$					0,040
<hr/>					
d =	48,22	G =	615,8	$R_T =$	4,82

$$U = 0,207 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$



**Bauteil mit keilförmiger Schicht (EN ISO 6946:2008, Anhang C)**

keilförmige Schicht: 5 Gefälledach EPS 035  $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$

L-förmige Dachfläche  $13,25 * 39,25$  und  $18,25 * 13,25 \text{ m}$ ,  $A = 761,9 \text{ m}^2$

Außenentwässerung nach zwei Seiten

Gefälledämmung mit 2,0 % Gefälle, größte Dicke  $d_k = 0,133 / 0,133 \text{ m}$

$388,4 \text{ m}^2$  rechteckige Keilfläche mit  $U = 0,153 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$21,9 \text{ m}^2$  dreieckige Keilfläche, Spitze hoch mit  $U = 0,168 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$21,9 \text{ m}^2$  dreieckige Keilfläche, Spitze tief mit  $U = 0,138 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$285,7 \text{ m}^2$  Bereich 2, rechteckige Keilfläche mit  $U = 0,153 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$21,9 \text{ m}^2$  Bereich 2, dreieckige Keilfläche, Spitze hoch mit  $U = 0,168 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$21,9 \text{ m}^2$  Bereich 2, dreieckige Keilfläche, Spitze tief mit  $U = 0,138 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Dämmstoffvolumen (nur Gefälledämmung) =  $50,5 \text{ m}^3$

mittlerer U-Wert mit keilförmiger Dämmschicht =  $0,153 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_{\text{Rechteck-Keil}} = 1/R_1 * \ln(1 + R_1 / R_0)$  mit  $R_1 = d_k/\lambda$  und  $R_0 = R_T$  (C.1)

$U_{\text{Dreieck-Keil, Spitze hoch}} = 2/R_1 * [(1 + R_0 / R_1) * \ln(1 + R_1 / R_0) - 1]$  (C.2)

$U_{\text{Dreieck-Keil, Spitze tief}} = 2/R_1 * [1 - R_0 / R_1 * \ln(1 + R_1 / R_0)]$  (C.3)

**Wärmedurchgangskoeffizient**

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,153 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

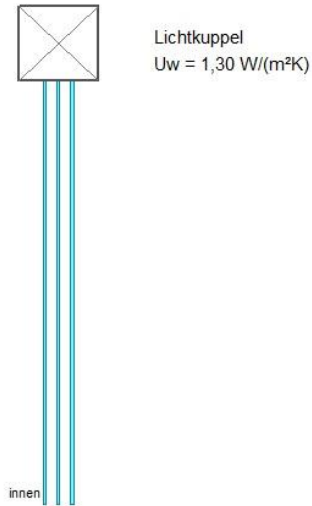
**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

Decken beheizter Räume nach oben gegen Außenluft (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 4,68 \geq 1,20 \quad \text{m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

## Bauteilquerschnitt

### Bauteil: Lichtkuppel



Bauteiltyp "Fenster" (20)

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Fenster

Isolierverglasung 4-12-4, Kryptonfüllung, beschichtet,  $\varepsilon \leq 0,05$ ,  $U_g$  1.1,  $t_{D65} = 0,50$

Rahmen aus Profilen  $U_f$  1.1 - 1.3  $\text{W/(m}^2\text{K)}$ , DIN V 4108-4:2004, Tab.9,  $U_{f,BW}$  1.2

*Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1*

---

Einfachfenster, Tabellenwert  $U_w = 1,30 \text{ (1,3) W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, 30% Rahmenanteil, Tab. F.3  
(verbesserter Randverbund)

mit  $U_g = 1,10$  und  $U_f = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_w = 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

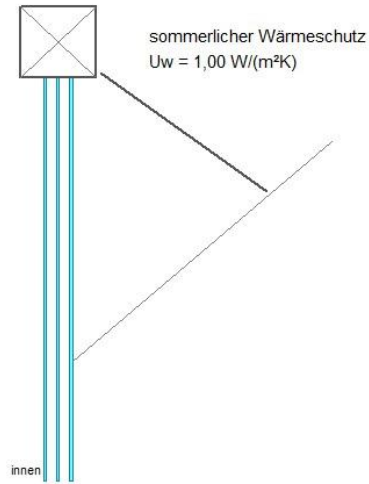
### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,300 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (manuell festgelegt)

(Fenster mit  $A_g = 70\%$  Verglasung, Energiedurchlassgrad  $g = 60\%$ , Lichttransmissionsgrad  $t_{D65} = 0,50$ )

## Sommerlicher Wärmeschutz

### Bauteil: sommerlicher Wärmeschutz



Bauteiltyp "Fenster" (20)

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Fenster

Isolierverglasung 4-8-4-8-4, Kryptonfüllung, beschichtet,  $\varepsilon \leq 0,1$ ,  $U_g = 0,8$ ,  $t_{D65} = 0,50$

Rahmen aus Profilen  $U_f = 0,90 - 1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , DIN V 4108-4:2004, Tab.9,  $U_{f,BW} = 1,0$

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

---

Einfachfenster, Tabellenwert  $U_W = 1,00 (1,0) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, 30% Rahmenanteil, Tab. F.3 (verbesserter Randverbund)

mit  $U_g = 0,80$  und  $U_f = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_W = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,000 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (manuell festgelegt)

(Fenster mit  $A_g = 70\%$  Verglasung, Energiedurchlassgrad  $g = 55\%$ , Lichttransmissionsgrad  $t_{D65} = 0,50$ )

**Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013**

Nachweis für Raum / Raumgruppe: kleiner Gruppenraum 1  
mit der Nettogrundfläche  $A_G = 4,395 \times 3,41 = 14,99 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_w \text{ [m}^2\text{]}$	$g \text{ [%]}$	$F_c$	$A_w * g * F_c$
1 Süd-Ost	S-O 90°	5,70	55	0,30	0,94
2					
5,7 m <sup>2</sup>					0,94

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen:  $F_c = 0,3$  Verglasung  $g > 0,4$  dreifach + Fensterläden / Rollläden 3/4tel geschlossen

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil  $= 5,70 / 14,99 = 0,38$  (38%)

vorh. Sonneneintragskennwert  $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G = 0,94 / 14,99 = \mathbf{0,063}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	schwer
Nachtlüftung	erhöht, $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$
Sonneneintragskennwert $S_1$	+0,092

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,014 ( $f_{WG} = 0,38$ )
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster $> 60^\circ$	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert $S_+$	-0,014

$S_{\text{vorh}} = 0,063 \leq 0,078 = S_{\text{zul}} (= 0,092 - 0,014)$  **Nachweis erbracht**

*Weitere, vergleichbare Räume*

Raum	$A_G \text{ [m}^2\text{]}$	$\sum A_{w,i} \text{ [m}^2\text{]}$	$g$	$F_c$	$S_{\text{vorh}}$	
kleiner Gruppenraum 2	15,0	5,7	0,55	0,30	0,06	OK
Schlafraum 2	14,0	5,5	0,55	0,30	0,06	OK
Personal	18,8	8,4	0,55	0,30	0,07	OK
Cafeteria	17,2	7,0	0,55	0,30	0,07	OK