

Gebäudeenergieberechnung

Energiebedarfsberechnung

gemäß des GEG vom 08.08.2020
(zuletzt geändert durch Art.1 des Gesetzes vom 16.10.2023)

Bauvorhaben: Erweiterung der Grundschule Intrup
Banninstrasse 20
49 525 Lengerich

Bauherr: Stadt Lengerich
Tecklenburger Strasse 2/4
49 525 Lengerich

Architekt: Ludtmann + Möller
Architektur- und Ingenieurbüro PartG mbB
Am Mittelhafen 46
48 155 Münster

Datum: 01.09.2026

Auftragsnr.: 26-054

Sachbearbeiter: Susanne Wildner

Vorbemerkung zu Wärmeschutznachweisen nach GEG 2023

Dieser Nachweis wurde nach dem zur Zeit gültigen GEG 2023 erstellt.

Die hier getroffenen Annahmen erfolgten vor Erstellung einer Fachplanung (Anlagentechnik, Beleuchtung, Heizung, Sanitär, etc.)

Diese Annahmen sollten vor Bauausführung durch eine detaillierte Fachplanung ausgearbeitet und verifiziert werden.

Eine abweichende Ausführung von den hier getroffenen Annahmen kann dazu führen, dass das Gebäude nicht mehr die Anforderungen des GEG 2023 erfüllt.

Energetische Bewertung von Gebäuden

26-054 Grundschule Intrup

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

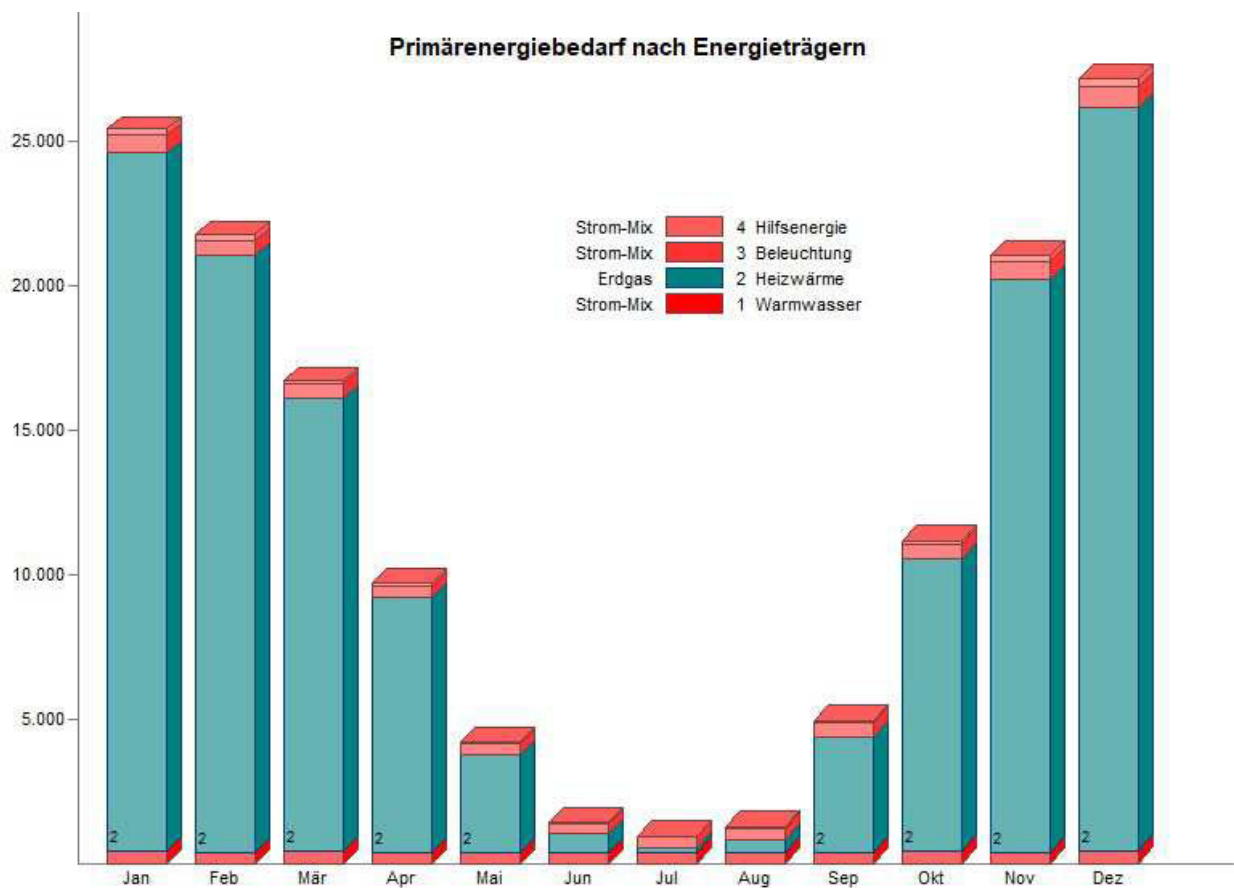
DIN EN ISO 6946:2008, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

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-Referenz2020"



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

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_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i, \text{WE}}$ °C	A_{NGF} m ²	V_i m ³
<1> Klassenräume	208 Klassenzimme	200	19,5	17,3	971	3187
<2> Sanitärräume	216 WC und Sanit	250	19,9	17,4	36	128
<3> Lager, Technik	220 Lager, Techn	250	20,1	17,5	100	269
<4> Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	250	20,0	17,3	218	733
					1.326	4.316

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 1325,5 \text{ m}^2$, $n_G = 2$ Geschosse (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

A_{NGF} = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

ϑ_i = mittlere Innentemperatur für Januar, ggf. bei eingeschränktem Heizbetrieb

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

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

ϑ_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_{max} -Nachweis) GEG § 19

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/(m ² K)	F_x	Anmerkungen	H_T W/K
Multiraum 2, Klasse 4, K						
1 F 0101 FAW S-O	1:0	14,9	0,280	1,00 FAW	51 02	4,2
2 F 0105 FAW N-W	1:0	40,5	0,280	1,00 FAW	51 02	11,3
3 F 0106 FAW S-W	1:0	38,4	0,280	1,00 FAW	51 02	10,8
4 A 0101 FF S-O	1:0	12,1	1,300	1,00 FF	51 02	15,8
5 A 0105 FF N-W	1:0	36,4	1,300	1,00 FF	51 02	47,3
6 A 0106 FF S-W	1:0	4,4	1,300	1,00 FF	51 02	5,7
7 F 0100 FG	1:0	185,7	0,350	0,55 Ffb	51 19 25 14	35,7

Klasse 9, 10, 11 + Diffe

8 F 0201 FAW S-O	1:0	14,9	0,280	1,00 FAW	51 02	4,2
9 F 0206 FAW N-O	1:0	18,0	0,280	1,00 FAW	51 02	5,0
10 F 0207 FAW N-W	1:0	61,4	0,280	1,00 FAW	51 02	17,2
11 F 0208 FAW S-W	1:0	48,6	0,280	1,00 FAW	51 02	13,6
12 A 0201 FF S-O	1:0	12,1	1,300	1,00 FF	51 02	15,8
13 A 0207 FF N-W	1:0	43,7	1,300	1,00 FF	51 02	56,8
14 A 0208 FF S-W	1:0	4,3	1,300	1,00 FF	51 02	5,6
15 F 0200 FG	1:0	274,9	0,350	0,55 Ffb	51 19 26 14	52,9

Multiraum 3 - DG

16 F 0303 FD S-O 27°	1:0	59,2	0,200	1,00 FD	51 02	11,8
17 F 0304 FD N-W 27°	1:0	110,9	0,200	1,00 FD	51 02	22,2
18 W 0304 DFF 27° N-W 2	1:0	24,3	1,400	1,00 FF	51 02 70	34,0
19 F 0300 FAW S-W	1:0	31,6	0,280	1,00 FAW	51 02	8,8
20 F 0302 FAW S-O	1:0	14,0	0,280	1,00 FAW	51 02	3,9
21 F 0306 FAW N-W	1:0	14,0	0,280	1,00 FAW	51 02	3,9
22 W 0300 FF S-W	1:0	4,3	1,300	1,00 FF	51 02	5,6

Gaube

23 F 0403 FD	1:0	67,7	0,200	1,00 FD	51 02	13,5
24 F 0400 FAW S-O	1:0	16,8	0,280	1,00 FAW	51 02	4,7
25 F 0402 FAW N-O	1:0	6,2	0,280	1,00 FAW	51 02	1,7
26 F 0404 FAW S-W	1:0	6,2	0,280	1,00 FAW	51 02	1,7
27 A 0400 FF S-O	1:0	17,4	1,300	1,00 FF	51 02	22,6

Sanitärräume EG

28 F 0503 FAW N-W	2:0	15,2	0,280	1,00 FAW	51 02	4,3
29 A 0503 FF N-W	2:0	4,9	1,300	1,00 FF	51 02	6,4
30 F 0500 FG	2:0	38,7	0,350	0,55 Ffb	51 19 25 14	7,4

Verkehrsfläche EG

31 F 0601 FAW S-O	4:0	39,2	0,280	1,00 FAW	51 02	11,0
32 F 0602 FAW N-O	4:0	29,7	0,280	1,00 FAW	51 02	8,3
33 F 0603 FAW N-W	4:0	5,9	0,280	1,00 FAW	51 02	1,7
34 A 0601 FF S-O	4:0	38,9	1,300	1,00 FF	51 02	50,5
35 A 0603 FF N-W	4:0	2,4	1,300	1,00 FF	51 02	3,2
36 F 0600 FG	4:0	108,8	0,350	0,55 Ffb	51 19 26 14	20,9

Verkehrsfläche OG

37 F 0701 FAW S-O	4:0	41,7	0,280	1,00 FAW	51 02	11,7
38 F 0702 FAW N-O	4:0	10,1	0,280	1,00 FAW	51 02	2,8
39 A 0701 FF S-O	4:0	36,4	1,300	1,00 FF	51 02	47,3

Putzmittelraum OG

Technik 1

40 F 0903 FD N-W 27°	3:0	76,8	0,200	1,00 FD	51 02	15,4
41 A 0903 DFF 27° N-W 2	3:0	4,8	1,400	1,00 FF	51 02 70	6,8
42 F 0900 FAW N-O	3:0	19,6	0,280	1,00 FAW	51 02	5,5
43 F 0902 FAW N-W	3:0	11,0	0,280	1,00 FAW	51 02	3,1

Technik 2

44 F 1003 FD S-O 21°	3:0	30,5	0,200	1,00 FD	51 02	6,1
45 F 1000 FAW N-O	3:0	11,1	0,280	1,00 FAW	51 02	3,1
46 F 1005 FAW S-O	3:0	7,3	0,280	1,00 FAW	51 02	2,1

Verkehrsfläche DG

47 F 1106 FD S-O 27°	4:0	15,2	0,200	1,00 FD	51 02	3,0
48 F 1108 FAW S-O	4:0	7,1	0,280	1,00 FAW	51 02	2,0

Gaube 2

49 F 1203 FD	4:0	33,4	0,200	1,00 FD	51 02	6,7
50 F 1200 FAW S-O	4:0	8,2	0,280	1,00 FAW	51 02	2,3
51 F 1202 FAW N-O	4:0	6,2	0,280	1,00 FAW	51 02	1,7
52 F 1204 FAW S-W	4:0	6,2	0,280	1,00 FAW	51 02	1,7
53 A 1200 FF S-O	4:0	8,7	1,300	1,00 FF	51 02	11,3

Multiraum 2 EG							
54 F 1301 FAW S-O	1:0	15,5	0,280	1,00 FAW	51 02		4,3
55 F 1304 FAW S-W	1:0	30,6	0,280	1,00 FAW	51 02		8,6
56 A 1301 FF S-O	1:0	12,1	1,300	1,00 FF	51 02		15,8
57 A 1304 FF S-W	1:0	3,9	1,300	1,00 FF	51 02		5,1
58 F 1300 FG	1:0	66,0	0,350	0,55 Ffb	51 19 25 14		12,7
Klasse 4 + 5 EG							
59 F 1403 FAW N-W	1:0	13,2	0,280	1,00 FAW	51 02		3,7
60 A 1403 FF N-W	1:0	12,1	1,300	1,00 FF	51 02		15,8
61 F 1400 FG	1:0	70,9	0,350	0,55 Ffb	51 19 26 14		13,7
Differenzierung links EG							
62 F 1503 FAW N-W	1:0	15,5	0,280	1,00 FAW	51 02		4,3
63 F 1504 FAW S-W	1:0	18,9	0,280	1,00 FAW	51 02		5,3
64 A 1503 FF N-W	1:0	12,1	1,300	1,00 FF	51 02		15,8
65 F 1500 FG	1:0	36,1	0,350	0,60 Ffb	51 19 27 14		7,6
Klasse 11 OG							
66 F 1601 FAW S-O	1:0	15,5	0,280	1,00 FAW	51 02		4,3
67 F 1604 FAW S-W	1:0	30,6	0,280	1,00 FAW	51 02		8,6
68 A 1601 FF S-O	1:0	12,1	1,300	1,00 FF	51 02		15,8
69 A 1604 FF S-W	1:0	3,9	1,300	1,00 FF	51 02		5,1
Klasse 9 + 10 OG							
70 F 1703 FAW N-W	1:0	13,2	0,280	1,00 FAW	51 02		3,7
71 A 1703 FF N-W	1:0	12,1	1,300	1,00 FF	51 02		15,8
Differenzierung links OG							
72 F 1803 FAW N-W	1:0	15,5	0,280	1,00 FAW	51 02		4,3
73 F 1804 FAW S-W	1:0	18,9	0,280	1,00 FAW	51 02		5,3
74 A 1803 FF N-W	1:0	12,1	1,300	1,00 FF	51 02		15,8
Differenzierung rechts O							
75 F 1902 FAW N-O	1:0	19,3	0,280	1,00 FAW	51 02		5,4
76 F 1903 FAW N-W	1:0	20,5	0,280	1,00 FAW	51 02		5,7
77 A 1903 FF N-W	1:0	7,3	1,300	1,00 FF	51 02		9,5

$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 2.289,0$

$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 894,4$

1. Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 290,41 / 30,19 = 9,62 \text{ m}$
2. Bodenplattenmaß B' (26) = $9,37 = 9,37 \text{ m}$
3. Bodenplattenmaß B' (27) = $5,91 = 5,91 \text{ m}$

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.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von $0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ pauschal berücksichtigt.
- 70 Dachflächenfenster

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

$H_{T,WB} = 114,4 \text{ W/K}$ (12,8 %, 0,050 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	ΣH_T W/K	$H_{T,iz}$ W/K	$H_{T,zi}$ W/K
<1> Klassenräume	609	123	0	732	0	0
<2> Sanitärräume	14	7	0	21	0	0
<3> Lager, Technik	50	0	0	50	0	0
<4> Verkehrsflächen	185	21	0	206	0	0
	858	151		1009		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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 Transmissionswärmetransferkoeffizient

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.008,9 / 2.289,0 = \mathbf{0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

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 $T_{i1} \geq 19^\circ\text{C}$	0,22	1,30		1,40

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

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} -13,3\%$

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (Referenzwert, Kat.I), $n_{50} = 2,00 \text{ h}^{-1}$
 Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 3*2289 / 4316 = 1,59 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade
 $e_{\text{wind}} = 0.07 \quad f_{\text{wind}} = 15 \quad (\text{EN ISO 13790 Tab.G4})$

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h ⁻¹	V_A m ³ /(m ² h)	Luftwechsel		Fenster	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h ⁻¹	n_{inf} h ⁻¹	n_{win} h ⁻¹	$n_{\text{m,ZUL}}$ h ⁻¹	$t_{\text{V,m}}$ h/d
<1> Klassenräume	-	1,57	10,00	3,05	0,11	0,93	-	-
<2> Sanitärräume	-	1,38	15,00	4,22	0,10	1,95	-	-
<3> Lager, Technik	-	1,80	0,15	0,06	0,13	0,10	-	-
<4> Verkehrsfläche	-	1,63	0,00	0,00	0,11	0,10	-	-
⇒ WE-Betrieb ...								
<1> Klassenräume			0,00	0,00	0,11	0,10		
<2> Sanitärräume			0,00	0,00	0,10	0,10		
<3> Lager, Technik			0,00	0,00	0,13	0,10		
<4> Verkehrsflächen			0,00	0,00	0,11	0,10		

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

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

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

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

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

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 2 /

$\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) * n_{\text{inf}} - 0.1$ (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_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)

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

Transferkoeffizienten Lüftung	V m ³	$H_{\text{V,z,Jan}}$ W/K	$H_{\text{V,inf}}$ W/K	$H_{\text{V,win}}$ W/K	ΣH_{V} W/K	$H_{\text{V,mech}}$ W/K	$\vartheta_{\text{V,Jan}}$ °C
<1> Klassenräume	3.187	0	119	1005	1.124	0	
<2> Sanitärräume	128	0	4	85	89	0	
<3> Lager, Technik	269	0	12	9	21	0	
<4> Verkehrsflächen	733	0	28	25	53	0	
		0	163	1123	1287	0	
⇒ WE-Betrieb ...							
<1> Klassenräume		0	119	108	228		
<2> Sanitärräume		0	4	4	9		
<3> Lager, Technik		0	12	9	21		
<4> Verkehrsflächen		0	28	25	53		
		0	163	147	310		

$H_{V,z} = V \cdot 0.34 \text{ [W/K]}$ = 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

ϑ_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 α_h , Überhangwinkel α_o und Seitenwinkel α_f
Abminderungsfaktoren $F_S = 0.90$ nach GEG §25, vereinfacht

Kollektorfläche	Zone	A_g m^2	I_S , Jan/Jul W/m^2	g_{eff} , Jan/Jul %	Q_S , Jan/Jul kWh/d
4 A 0101 FF S-O	1	8,48	50/ 132	44/ 44	4,4/ 11,8
5 A 0105 FF N-W	1	25,46	11/ 95	44/ 44	2,9/ 25,4
6 A 0106 FF S-W	1	3,09	40/ 120	44/ 44	1,3/ 3,9
12 A 0201 FF S-O	1	8,48	50/ 132	44/ 44	4,4/ 11,8
13 A 0207 FF N-W	1	30,60	11/ 95	44/ 44	3,5/ 30,5
14 A 0208 FF S-W	1	2,99	40/ 120	44/ 44	1,3/ 3,8
18 W 0304 DFF 27° N	1	16,97	16/ 173	44/ 44	2,8/ 30,8
22 W 0300 FF S-W	1	3,01	40/ 120	44/ 44	1,3/ 3,8
27 A 0400 FF S-O	1	12,16	50/ 132	44/ 44	6,4/ 16,8
29 A 0503 FF N-W	2	3,42	11/ 95	44/ 44	0,4/ 3,4
34 A 0601 FF S-O	4	27,20	50/ 132	44/ 44	14,3/ 37,7
35 A 0603 FF N-W	4	1,71	11/ 95	44/ 44	0,2/ 1,7
39 A 0701 FF S-O	4	25,46	50/ 132	44/ 44	13,4/ 35,3
41 A 0903 DFF 27° N	3	3,39	16/ 173	44/ 44	0,6/ 6,2
53 A 1200 FF S-O	4	6,08	50/ 132	44/ 44	3,2/ 8,4
56 A 1301 FF S-O	1	8,48	50/ 132	44/ 44	4,4/ 11,8
57 A 1304 FF S-W	1	2,76	40/ 120	44/ 44	1,2/ 3,5
60 A 1403 FF N-W	1	8,48	11/ 95	44/ 44	1,0/ 8,5
64 A 1503 FF N-W	1	8,48	11/ 95	44/ 44	1,0/ 8,5
68 A 1601 FF S-O	1	8,48	50/ 132	44/ 44	4,4/ 11,8
69 A 1604 FF S-W	1	2,76	40/ 120	44/ 44	1,2/ 3,5
71 A 1703 FF N-W	1	8,48	11/ 95	44/ 44	1,0/ 8,5
74 A 1803 FF N-W	1	8,48	11/ 95	44/ 44	1,0/ 8,5
77 A 1903 FF N-W	1	5,13	11/ 95	44/ 44	0,6/ 5,1
		240,40			76/ 301

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 $G3 = 30$

$g_{\text{eff}} = F_S \cdot F_w \cdot F_v \cdot g_{\text{tot}}$ = wirksamer Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

$g_{\text{eff}} = F_w \cdot F_v \cdot (a \cdot g_{\text{tot}} + (1-a) \cdot g_{\perp})$ bewertet (Gl. 115), der kleinere Wert g_{eff} ist maßgebend

$a_{w,i} / a_{s,o}$ = 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 m²	U W/(m²K)	α	h _r W/(m²K)	I _{S, Jul} W/m²	Q _{S, Jul} kWh/d
1	F	0101	FAW	S-O	SO	1	14,9	0,28	0,50	4,50	132	0,2	
2	F	0105	FAW	N-W	NW	1	40,5	0,28	0,50	4,50	95	0,3	
3	F	0106	FAW	S-W	SW	1	38,4	0,28	0,50	4,50	120	0,4	
8	F	0201	FAW	S-O	SO	1	14,9	0,28	0,50	4,50	132	0,2	
9	F	0206	FAW	N-O	NO	1	18,0	0,28	0,50	4,50	112	0,2	
10	F	0207	FAW	N-W	NW	1	61,4	0,28	0,50	4,50	95	0,4	
11	F	0208	FAW	S-W	SW	1	48,6	0,28	0,50	4,50	120	0,5	
16	F	0303	FD	S-O 2	SO	1	59,2	0,20	0,50	4,50	212	0,7	
17	F	0304	FD	N-W 2	NW	1	110,9	0,20	0,50	4,50	173	0,9	
19	F	0300	FAW	S-W	SW	1	31,6	0,28	0,50	4,50	120	0,3	
20	F	0302	FAW	S-O	SO	1	14,0	0,28	0,50	4,50	132	0,2	
21	F	0306	FAW	N-W	NW	1	14,0	0,28	0,50	4,50	95	0,1	
23	F	0403	FD	-	-	1	67,7	0,20	0,50	4,50	210	0,8	
24	F	0400	FAW	S-O	SO	1	16,8	0,28	0,50	4,50	132	0,2	
25	F	0402	FAW	N-O	NO	1	6,2	0,28	0,50	4,50	112	0,1	
26	F	0404	FAW	S-W	SW	1	6,2	0,28	0,50	4,50	120	0,1	
28	F	0503	FAW	N-W	NW	2	15,2	0,28	0,50	4,50	95	0,1	
31	F	0601	FAW	S-O	SO	4	39,2	0,28	0,50	4,50	132	0,5	
32	F	0602	FAW	N-O	NO	4	29,7	0,28	0,50	4,50	112	0,3	
33	F	0603	FAW	N-W	NW	4	5,9	0,28	0,50	4,50	95	0,0	
37	F	0701	FAW	S-O	SO	4	41,7	0,28	0,50	4,50	132	0,5	
38	F	0702	FAW	N-O	NO	4	10,1	0,28	0,50	4,50	112	0,1	
40	F	0903	FD	N-W 2	NW	3	76,8	0,20	0,50	4,50	173	0,6	
42	F	0900	FAW	N-O	NO	3	19,6	0,28	0,50	4,50	112	0,2	
43	F	0902	FAW	N-W	NW	3	11,0	0,28	0,50	4,50	95	0,1	
44	F	1003	FD	S-O 2	SO	3	30,5	0,20	0,50	4,50	210	0,4	
45	F	1000	FAW	N-O	NO	3	11,1	0,28	0,50	4,50	112	0,1	
46	F	1005	FAW	S-O	SO	3	7,3	0,28	0,50	4,50	132	0,1	
47	F	1106	FD	S-O 2	SO	4	15,2	0,20	0,50	4,50	212	0,2	
48	F	1108	FAW	S-O	SO	4	7,1	0,28	0,50	4,50	132	0,1	
49	F	1203	FD	-	-	4	33,4	0,20	0,50	4,50	210	0,4	
50	F	1200	FAW	S-O	SO	4	8,2	0,28	0,50	4,50	132	0,1	
51	F	1202	FAW	N-O	NO	4	6,2	0,28	0,50	4,50	112	0,1	
52	F	1204	FAW	S-W	SW	4	6,2	0,28	0,50	4,50	120	0,1	
54	F	1301	FAW	S-O	SO	1	15,5	0,28	0,50	4,50	132	0,2	
55	F	1304	FAW	S-W	SW	1	30,6	0,28	0,50	4,50	120	0,3	
59	F	1403	FAW	N-W	NW	1	13,2	0,28	0,50	4,50	95	0,1	
62	F	1503	FAW	N-W	NW	1	15,5	0,28	0,50	4,50	95	0,1	
63	F	1504	FAW	S-W	SW	1	18,9	0,28	0,50	4,50	120	0,2	
66	F	1601	FAW	S-O	SO	1	15,5	0,28	0,50	4,50	132	0,2	
67	F	1604	FAW	S-W	SW	1	30,6	0,28	0,50	4,50	120	0,3	
70	F	1703	FAW	N-W	NW	1	13,2	0,28	0,50	4,50	95	0,1	
72	F	1803	FAW	N-W	NW	1	15,5	0,28	0,50	4,50	95	0,1	
73	F	1804	FAW	S-W	SW	1	18,9	0,28	0,50	4,50	120	0,2	
75	F	1902	FAW	N-O	NO	1	19,3	0,28	0,50	4,50	112	0,2	
76	F	1903	FAW	N-W	NW	1	20,5	0,28	0,50	4,50	95	0,1	
1.164,9								11,1					

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

α = Strahlungs-Absorptionsgrad (Tab.9), abhängig von der Bauteiloberfläche

I_S = globale Sonneneinstrahlung, jahreszeit-, neigungs- und orientierungsabhängig [W/m²]

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/(m²K)

$\Delta\vartheta_{er}$ = 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> Klassenräu	4.122	2.872	1.114	732	1.369	1.387	3.296	46.687
<2> Sanitärräu	55	31	14	8	12	18	42	676
<3> Lager, Tec	97	52	24	13	18	32	75	1.212
<4> Verkehrsfl	2.080	1.755	599	443	962	734	1.741	21.888
über opake ...								
<1> Klassenräu	104	52	-	-	2	-	58	1.370
<2> Sanitärräu	0	-	-	-	-	-	-	14
<3> Lager, Tec	7	1	-	-	0	-	2	207
<4> Verkehrsfl	35	20	-	-	2	-	21	423
	6.501	4.783	1.751	1.197	2.365	2.171	5.236	72.479

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

Zone	AB m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
<1> Klassenräume	971	97,1	19,4	0,0	116,5
<2> Sanitärräume	36	-	-	0,0	0,0
<3> Lager, Technik	100	-	-	0,0	0,0
<4> Verkehrsflächen	218	-	-	0,0	0,0
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> Klassenräume		-	-	0,0	0,0
<2> Sanitärräume		-	-	0,0	0,0
<3> Lager, Technik		-	-	0,0	0,0
<4> Verkehrsflächen		-	-	0,0	0,0
ungeregelte Wärmeeinträge im Januar					
Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
<1> Klassenräume	0,0	15,5	9,9	3,3	0,0
<2> Sanitärräume	0,0	1,8	0,4	0,1	0,0
<3> Lager, Technik	0,0	0,4	1,0	0,3	0,0
<4> Verkehrsflächen	0,0	1,9	2,2	0,7	0,0

AB = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

Q_{I,p} = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)

Q_{I,fac} = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen

Q_{I,g} = Q_{I,goods} = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

Q_{I,L} = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme

Q_{I,h} = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme

Q_{I,w} = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme

Q_{I,rv} = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

Q_{source} im WE-Betrieb mit anteiligen Wärmeeinträgen aus dem Heizsystem nach Abs.6.5.6

Zone	ΣH_T W/K	ΣH_V W/K	$\Sigma H_{V, \text{mech}}$ W/K	Q_{sink} kWh/d	Q_{source} kWh/d	γ
<1> Klassenräume	732	1124	0	879	193	0,220
<2> Sanitärräume	21	89	0	53	3	0,052
<3> Lager, Technik	50	21	0	37	3	0,068
<4> Verkehrsflächen	206	53	0	127	36	0,286
Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
<1> Klassenräume	50	1856	26,16	2,63	0,986	1,000
<2> Sanitärräume	50	110	16,39	2,02	0,998	1,000
<3> Lager, Technik	50	71	70,73	5,42	1,000	1,000
<4> Verkehrsflächen	50	259	42,11	3,63	0,992	0,989

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

ΣH_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

$\Sigma H_{V, \text{mech}}$ = 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

$\gamma = Q_{\text{source}} / Q_{\text{sink}}$ = 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

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

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

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

η_{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
T_e	d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	°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	20,2	19,8	19,5
$T_{i, 2}$	°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
$T_{i, 3}$	°C	20,1	20,1	20,3	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,2	20,1
$T_{i, 4}$	°C	20,0	20,0	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,1	20,0
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°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
$T_{i, 2}$	°C	17,4	17,6	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,4
$T_{i, 3}$	°C	17,5	17,6	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	19,0	18,0	17,4
$T_{i, 4}$	°C	17,3	17,4	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,8	17,3

7.1 Zone <1> Klassenräume

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen η_{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 $Q_I = 116,5 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

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
η_{source}		0,825	0,932	0,982	0,989	0,986	0,984	0,960	0,783
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,759	0,981	1,000	1,000	1,000	1,000	0,991	0,738
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.601	860	833	860	860	777	860	11.768
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.758
$Q_{h,b,RE}$	kWh	2.421	5.263	9.394	12.059	11.698	9.969	8.256	67.197
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	871	2.956	4.075	3.750	3.107	1.900	16.660
Q_T	kWh	3.096	5.490	7.808	9.596	9.548	8.236	7.782	64.389
Q_V	kWh	3.160	5.603	7.969	9.794	9.745	8.406	7.943	65.719
Q_S^*	kWh	3.361	2.790	1.103	728	1.360	1.374	3.268	30.139
Q_I^*	kWh	1.816	2.204	2.414	2.649	2.569	2.256	2.314	22.220

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

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

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

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

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

7.2 Zone <2> Sanitärräume

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,4 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,970	0,993	0,997	0,997	0,998	0,997	0,994	0,932
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,857
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	19	32	31	32	32	29	32	306
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.640
$Q_{h,b,RE}$	kWh	288	577	839	1.036	1.031	885	821	6.548
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	24	58	80	78	63	47	356
Q_T	kWh	92	163	231	284	283	244	230	1.907
Q_V	kWh	288	510	725	891	887	765	723	5.981
Q_S^*	kWh	54	31	14	8	12	18	42	579
Q_I^*	kWh	37	42	47	54	51	44	44	473

7.3 Zone <3> Lager, Technik

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,1\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,5\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,910
$\eta_{source,WE}$		0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,887
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	51	89	86	89	89	80	89	794
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.620
$Q_{h,b,RE}$	kWh	183	432	615	749	742	630	569	4.425
$Q_{h,b,WE}$	kWh	5	54	134	185	181	146	108	826
Q_T	kWh	220	391	556	683	680	586	554	4.584
Q_V	kWh	91	161	229	282	281	242	229	1.892
Q_S^*	kWh	104	53	24	13	18	32	77	1.156
Q_I^*	kWh	20	27	39	50	48	41	35	330

7.4 Zone <4> Verkehrsflächen

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
η_{source}		0,557	0,913	0,996	0,999	0,992	0,995	0,937	0,698
$\eta_{source,WE}$		0,510	0,791	0,995	0,999	0,989	0,993	0,900	0,637
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	523	187	193	193	175	193	2.466
t_h	h	-	510	720	744	744	672	744	4.856
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	789	1.748	2.314	1.948	1.755	1.025	10.018
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	430	654	486	441	109	2.119
Q_T	kWh	901	1.598	2.273	2.793	2.780	2.397	2.265	18.744
Q_V	kWh	233	414	588	723	720	621	586	4.852
Q_S^*	kWh	1.147	1.552	597	443	955	730	1.631	12.280
Q_I^*	kWh	27	72	107	134	125	105	87	773

7.5 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/(m²a)
<1> Klassenräume	64.389	65.719	30.139	22.220	83.856	86,3
<2> Sanitärräume	1.907	5.981	579	473	6.904	191,8
<3> Lager, Technik	4.584	1.893	1.156	330	5.251	52,5
<4> Verkehrsflächen	18.744	4.852	12.280	773	12.138	55,6
	89.624	78.445	44.154	23.797	108.149	81,6

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (13), mit Dachoberlichtern (2)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach GEG '20, §25 vereinfacht mit $I_V = 0.9$ angenommen

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	ATL m ²	ARB m ²	Tageslicht	CTL %
1 A 0101 FAW S-O	S-O 1	300	19,7	12,1	gut	92
2 A 0105 FAW N-W	N-W 1	300	78,9	36,4	gut	96
3 A 0106 FAW S-W	S-W 1	300	16,9	4,4	gut	88
4 A 0201 FAW S-O	S-O 1	300	19,7	12,1	gut	92
5 A 0207 FAW N-W	N-W 1	300	110,1	43,7	gut	94
6 A 0208 FAW S-W	S-W 1	300	16,9	4,3	gut	88
7 W 0300 FAW S-W	S-W 1	300	0,0	4,3	keine	52
9 A 0400 FAW S-O	S-O 1	300	0,0	17,4	keine	41
10 A 0503 FAW N-W	N-W 2	200	23,9	4,9	mittel	84
11 A 0601 FAW S-O	S-O 4	100	90,4	38,9	gut	91
12 A 0603 FAW N-W	N-W 4	100	7,7	2,4	gut	93
13 A 0701 FAW S-O	S-O 4	100	90,4	36,4	gut	91
15 A 1200 FAW S-O	S-O 4	100	0,0	8,7	keine	52

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	ATL m ²	ARB m ²	Tageslicht	CTL %
8 A 0304 FD N-W 27°	1	300	372,7	24,3	gering	83
14 A 0903 FD N-W 27°	3	100	74,5	4,9	gering	83

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	ATL [m ²]	AKTL [m ²]
<1> Klassenräume	971	635	336
<2> Sanitärräume	36	24	12
<3> Lager, Technik	100	75	25
<4> Verkehrsflächen	218	188	30

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

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

ARB = Fensterfläche (Rohbaumaße), E_m = Wartungswert der Beleuchtungsstärke (Zonenrandbedingung)

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

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

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

CTL bei Dachoberlichtern nach Tab.23/24, abhängig von der Dachneigung und Flächenorientierung

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich					CTL	CTL, kon	FTL						
							Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %	
1	A	0101	FAW	S-O	1	92	73	43	35	29	25	22	21
2	A	0105	FAW	N-W	1	96	73	41	32	26	22	19	18
3	A	0106	FAW	S-W	1	88	70	47	40	34	31	28	28
4	A	0201	FAW	S-O	1	92	73	43	35	29	25	22	21
5	A	0207	FAW	N-W	1	94	73	41	33	27	23	20	19
6	A	0208	FAW	S-W	1	88	70	48	40	35	31	29	28
7	W	0300	FAW	S-W	1	52	65	71	67	64	62	61	61
8	A	0304	FD	N-W 27°	1	83	65	60	50	43	37	34	33
9	A	0400	FAW	S-O	1	41	65	77	74	72	70	69	69
10	A	0503	FAW	N-W	2	84	55	61	55	51	48	46	46
11	A	0601	FAW	S-O	4	91	60	53	47	42	39	36	36
12	A	0603	FAW	N-W	4	93	60	53	46	41	38	35	35
13	A	0701	FAW	S-O	4	91	60	54	47	42	39	37	36
14	A	0903	FD	N-W 27°	3	83	50	69	62	56	52	49	49
15	A	1200	FAW	S-O	4	52	50	78	75	72	71	70	69

Kontrollsystem(e): autark nicht ausschaltend, manuell (REF)

CTL_{kon} = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25

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

FTL = max[1 - v_{Monat} * CTL * CTL_{kon}; 0], Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab.26 / 27

10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (18)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen	p _j W/m ²	f _{Prä}	t _{T, TL} h/m	t _{T, KTL} h/a	t _N h/a	Q _{L, b} kWh/m
1 A 0101 FAW S-O	1	300	1-1-2	9,3	0,88	40	1225	0	7
2 A 0105 FAW N-W	1	300	1-1-2	9,3	0,88	38	1225	0	28
3 A 0106 FAW S-W	1	300	1-1-2	9,3	0,88	44	1225	0	7
4 A 0201 FAW S-O	1	300	1-1-2	9,3	0,88	40	1225	0	7
5 A 0207 FAW N-W	1	300	1-1-2	9,3	0,88	39	1225	0	40
6 A 0208 FAW S-W	1	300	1-1-2	9,3	0,88	45	1225	0	7
7 W 0300 FAW S-W	1	300	1-1-2	9,3	0,88	67	1225	0	0
8 A 0304 FD N-W 27°	1	300	1-1-2	9,3	0,88	56	1225	0	195
9 A 0400 FAW S-O	1	300	1-1-2	9,3	0,88	72	1225	0	0
10 A 0503 FAW N-W	2	200	1-1-2	10,6	0,55	72	1399	114	21
11 A 0601 FAW S-O	4	100	1-1-2	5,3	0,24	28	610	50	15
12 A 0603 FAW N-W	4	100	1-1-2	5,3	0,24	27	610	50	1
13 A 0701 FAW S-O	4	100	1-1-2	5,3	0,24	28	610	50	15
14 A 0903 FD N-W 27°	3	100	1-1-2	7,2	0,07	10	175	14	6
15 A 1200 FAW S-O	4	100	1-1-2	5,3	0,24	40	610	50	0
16 A in <2> ohne TL	2	200	1-1-2	10,6	0,55	0	1399	114	17
17 A in <3> ohne TL	3	100	1-1-2	7,2	0,07	0	175	14	3
18 A in <4> ohne TL	4	100	1-1-2	5,3	0,24	0	610	50	9

378

1-1-2 (1): stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt / indirekt, A_{KL} = 989 m²

Präsenzmelder: Zonen 2/4/, Konstantlichtregelung: Zonen 1/

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> Klassenräu	180	220	258	321	263	196	183	2.357
<2> Sanitärräu	33	36	37	40	37	32	34	413
<3> Lager, Tec	8	9	9	10	9	8	8	98
<4> Verkehrsfl	34	38	41	46	41	34	35	429
	255	303	344	417	350	270	260	3.297

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$ W/m² (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 = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (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)

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> Klassenräume	nicht relevant			-
<2> Sanitärräume	Schule ohne Dus	0,130 m ² Klassenräu	36	99 c
<3> Lager, Technik	nicht relevant			-
<4> Verkehrsflächen	nicht relevant			-

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

c) Flächenbezug ist die Nettogrundfläche A_{NGF}

12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme

Versorgungsbereich	Zonen(n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 dezentrale WW-Versorgung	100% 1/2/3/4/	1,00	1.170
2			

12.3 Verteilungsnetze

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 1/2/3/4

Verteilssystem: dezentral mit Erzeugern

Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)

mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

		Verteilung (V)				Stränge (S)		Stichltg. (St)	
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 1/2/3/4									
Leitungslängen l_i		0 m				0 m		99 m	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i								0,255 W/(mK)	
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$								32,9 °C	
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$								19,5 °C	
Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 1/2/3/4									
$Q_{w,b}$	kWh	96	99	96	99	99	90	99	1.170
$Q_{w,d,St}$	kWh	124	131	131	138	138	124	135	1.545
$Q_{w,d}$	kWh	124	131	131	138	138	124	135	1.545
$Q_{I,w,d}$	kWh	124	131	131	138	138	124	135	1.545
Aufteilung $Q_{I,w,d}$: nach Grundflächenanteilen									

$Q_{w,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes der Warmwasserverteilung nach DIN V 18599-8, Abs. 6.2

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Stichleitungen (St) nach Tab.10 oder manuell

$Q_{I,w,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die WW-Verteilung, siehe "interne Wärmegewinne"

$W_{w,d}$ = Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpe

12.4 Warmwasserspeicher

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 1/2/3/4

nicht vorhanden

12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 1/2/3/4									
$Q_{w,outg}$	kWh	220	231	227	237	237	214	234	2.715

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

12.8 Wärmeerzeugung

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 1/2/3/4

Wärmeerzeuger 20 hydraulisch gesteuerter Elektro-Durchlauferhitzer 2,0 kW (Strom-Mix)

Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 99,0\%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0000$ kW

Nutzwärmeabgabe für Trinkwarmwasserbereitung $Q_{w,outg} = Q_{w,b} + Q_{w,d} + Q_{w,s}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 1/2/3/4									
$Q_{w,outg}$	kWh	220	231	227	237	237	214	234	2.715
$Q_{w,f}$	kWh	222	233	229	239	239	216	237	2.742

mit $Q_{w,outg}$ = Nutzwärmebedarf der Erzeugung, $Q_{w,f} = Q_{w,outg} + Q_{w,g}$ = Endenergiebedarf

12.9 Endenergie Warmwasserbereitung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{w,outg}$	kWh	220	231	227	237	237	214	234	2.715
$Q_{w,f}$	kWh	222	233	229	239	239	216	237	2.742
$W_{w,f}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Strom-Mix	kWh	222	233	229	239	239	216	237	2.742
$Q_{I,w,<1>}$	kWh/d	3,0	3,1	3,2	3,3	3,3	3,2	3,2	
$Q_{I,w,<2>}$	kWh/d	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
$Q_{I,w,<3>}$	kWh/d	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
$Q_{I,w,<4>}$	kWh/d	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	

$Q_{w,outg} / Q_{w,f}$ = Nutz- / Endenergiebedarf für Warmwasserbereitung

$W_{w,f}$ = Hilfsenergiebedarf, $Q_{I,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch Leitungs- / Speicherverluste

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

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^3/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
<1> Klassenräume	23,4	18,0	0	0,0	41,4
<2> Sanitärräume	0,7	1,4	0	0,0	2,1
<3> Lager, Technik	1,6	0,3	0	0,0	1,9
<4> Verkehrsflächen	6,6	0,9	0	0,0	7,4

$Q_{T,max}$ = 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

$V_{mech} = \eta_{mech,ZUL} \cdot V$ = 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 statische Zentralheizung (REF 2	100% 1/2/3/4/	108.149	52,9	58,2

<1> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Monat									
$Q_{h,b}, <1>$	kWh	2.896	8.008	16.174	21.151	19.914	16.997	12.835	108.149

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 "statische Zentralheizung (REF '20)", Leitzone <2> Sanitärräume		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Monat									
$t_h <2>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.640
$t_{h,rL,d} <2>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <2>$	d/m	21	23	24	26	26	23	25	245
$t_{h,rL} <2>$	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.665

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = 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) statische Zentralheizung (REF '20)

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2+0+0,2+0 = 1,80^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (12,3%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse:

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) statische Zentralheizung (REF '20)									
$Q_{h,b}$	kWh	2.896	8.008	16.174	21.151	19.914	16.997	12.835	108.149
$Q_{h,ce}$	kWh	824	1.328	1.824	2.006	1.898	1.696	1.501	13.301
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	3.721	9.336	17.998	23.157	21.812	18.693	14.336	121.450

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

Verluste der Wärmeübergabe $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (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) statische Zentralheizung (REF '20)

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 2

Etagenverteiltertyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 984,5 \text{ m}^2$, Geschosshöhe

i.M. = 3,40 m, 3 Geschosse. manuell

Vor- / Rücklauf-temperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 55 \text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 45 \text{ °C}$, $T_{i,Soll,<2>} = 21,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 19 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe Δp konstant, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) statische Zentralheizung (REF '20)			
Leitungslängen l_i	88,4 m	16,8 m	167,4 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °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) statische Zentralheizung (REF '20)									
$\beta_{h,d}$		0,10	0,24	0,47	0,59	0,55	0,53	0,36	
$\theta_{VL,av}$	°C	26,7	32,3	40,1	43,6	42,6	41,7	36,6	
$\theta_{RL,av}$	°C	25,0	28,9	34,5	37,0	36,2	35,6	32,0	
$Q_{h,d}$	kWh	136	249	483	663	635	533	411	3.465
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{l,h,d}$	kWh	74	153	316	440	420	351	263	2.267

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 2,9 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 1,9 \%$

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) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,out}	kWh	3.856	9.585	18.481	23.820	22.447	19.226	14.746	124.915

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

13.7 Heizwärmepufferspeicher

nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen

nicht vorgesehen

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1)

(1) "statische Zentralheizung (REF '20)", Zonen 1/2/3/4 ($A_{NGF} = 1.326 \text{ m}^2$)

Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 58,2 \text{ kW}$ (Erdgas)

Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 13 \text{ °C}$, außerhalb der thermischen Hülle

Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,\text{Jan}} = 0,00 \text{ h/d}$

Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,958$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,048$ (Teillast)

Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0079 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle

Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 5,23 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 1,27 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,28 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)

elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,316 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,105 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit} = \text{durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW]}, \text{ Gl.181 } (d_{h,rB} > 1)$

$\beta_h = P_{d,in} / P_n = \text{Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154}$

$Q_{h,gen} = \sum Q_{h,gen,ls,day,i} \cdot d_{h,rB} = \text{Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m]}, \text{ Gl.178}$

$Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen} = \text{Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung}$

$W_{h,gen} = \text{Hilfsenergiebedarf nach Gl.192}$

$Q_{l,h,gen} = \text{ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191}$

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,outg}	kWh	3.856	9.585	18.481	23.820	22.447	19.226	14.746	124.915
$\beta_{h,1}$		0,25	0,54	0,82	0,89	0,84	0,83	0,65	
Q _{h,gen,1}	kWh	197	632	1.547	2.165	1.987	1.671	1.112	10.053
Q _{h,f}	kWh	4.053	10.217	20.028	25.985	24.434	20.897	15.859	134.968
W _{h,gen}	kWh	31	61	107	135	128	110	88	779

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	4.053	10.217	20.028	25.985	24.434	20.897	15.859	134.968
W_h	kWh	31	61	107	135	128	110	88	779
Erdgas	kWh	4.053	10.217	20.028	25.985	24.434	20.897	15.859	134.968
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	1,8	3,6	7,7	10,4	9,9	9,2	6,2	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,1	0,1	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,2	0,4	0,8	1,1	1,0	0,9	0,6	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,4	0,8	1,7	2,3	2,2	2,1	1,4	

$Q_{h,f}$ = 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
Strom-Mix	Warmwasser	1/2/3/4/	2.742	1,80	1,00	4.935
Erdgas	Heizwärme	1/2/3/4/	134.968	1,10	1,11	133.752
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/	3.297	1,80	1,00	5.934
Strom-Mix	Hilfsenergie		779	1,80	1,00	1.402
Σ [kWh/Jahr]			141.785			146.023

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 146.023 / 1.326 = 110,2$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.326$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 141.785 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = 2741,6+121593,1+3296,7+778,9 = 128410 kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 0,6 kWh/(m²a), Strom-Mix 4,6 kWh/(m²a), Erdgas 101,8 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO₂)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO ₂ /kWh	Emissionen kg/a	kg/(m ² a)
Strom-Mix	2.742	560	1.535	
Erdgas	121.593	240	29.182	
Strom-Mix	3.297	560	1.846	
Strom-Mix	779	560	436	
	128.411		33.000	24,9

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 ²	RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
<1> Klassenräume	971	-	2.357	-	-	104.659	107.015
<2> Sanitärräume	36	-	413	-	2.741	8.609	11.762
<3> Lager, Techni	100	-	98	-	-	6.558	6.656
<4> Verkehrsfläch	218	-	429	-	-	15.145	15.574
Gebäude	1.326	-	3.297	-	2.742	134.970	141.009

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 ² a	Beleucht. kWh/m ² a	Klima kWh/m ² a	Warmwasser kWh/m ² a	Heizung kWh/m ² a	Summe kWh/m ² a
Nutzenergiebedarf	0,0	2,5	0,0	0,9	81,6	85,0
Endenergiebedarf	0,0	2,5	0,0	2,1	102,4	107,0
Primärenergiebedarf	0,0	4,5	0,0	3,7	102,0	110,2

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

15.0 Primärenergie-Referenzwert

vorh q_P = 110,2 kWh/(m²a)

Energetische Bewertung von Gebäuden

26-054 Grundschule Intrup

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

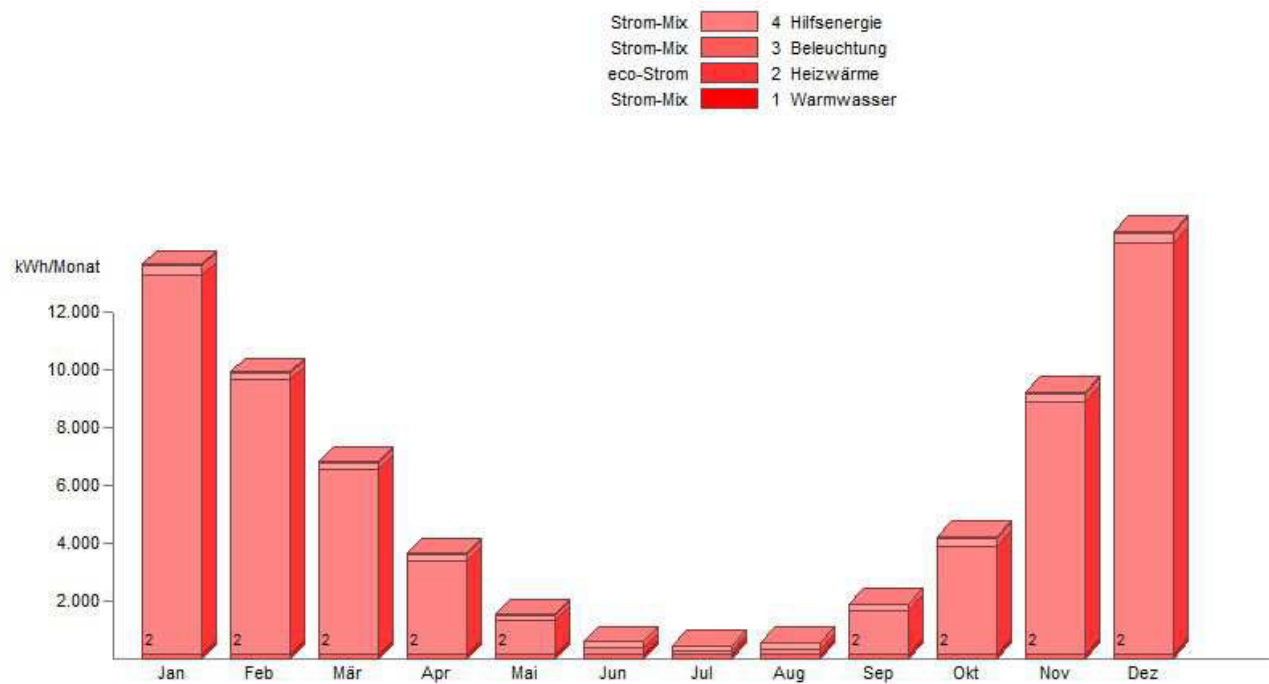
DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

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

Gebäudeberechnung "Gebäude"

Primärenergiebedarf nach Energieträgern



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_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	ANGF m ²	V_i m ³
<1> Klassenräume	208 Klassenzimme	200	19,6	17,4	971	3187
<2> Sanitärräume	216 WC und Sanit	250	19,9	17,5	36	128
<3> Lager, Technik	220 Lager, Techn	250	20,2	17,6	100	269
<4> Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	250	20,1	17,4	218	733
					1.326	4.316

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 1325,5\text{ m}^2$, $n_G = 2$ Geschosse (Bezugsfläche nach T1, Abs.8.2.1)

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

ANGF = Nettogrundfläche, V_i = Nettoluftvolumen

ϑ_i = mittlere Innentemperatur für Januar, ggf. bei eingeschränktem Heizbetrieb

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

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

ϑ_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_{max}-Nachweis) GEG § 19

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/(m ² K)	F_x	Anmerkungen	H_T W/K
Multiraum 2, Klasse 4, K						
1 F 0101 FAW S-O	1:0	14,9	0,170	1,00 FAW	02 51	2,5
2 F 0105 FAW N-W	1:0	40,5	0,170	1,00 FAW	02 51	6,9
3 F 0106 FAW S-W	1:0	38,4	0,170	1,00 FAW	02 51	6,5
4 A 0101 FF S-O	1:0	12,1	0,880	1,00 FF	51 02	10,7
5 A 0105 FF N-W	1:0	36,4	0,880	1,00 FF	51 02	32,0
6 A 0106 FF S-W	1:0	4,4	0,880	1,00 FF	51 02	3,9
7 F 0100 FG	1:0	185,7	0,265	0,65 Ffb	51 19 25 14	32,0

Klasse 9, 10, 11 + Diffe

8 F 0201 FAW S-O	1:0	14,9	0,170	1,00 FAW	02 51	2,5
9 F 0206 FAW N-O	1:0	18,0	0,170	1,00 FAW	02 51	3,1
10 F 0207 FAW N-W	1:0	61,4	0,170	1,00 FAW	02 51	10,4
11 F 0208 FAW S-W	1:0	48,6	0,170	1,00 FAW	02 51	8,3
12 A 0201 FF S-O	1:0	12,1	0,880	1,00 FF	51 02	10,7
13 A 0207 FF N-W	1:0	43,7	0,880	1,00 FF	51 02	38,5
14 A 0208 FF S-W	1:0	4,3	0,880	1,00 FF	51 02	3,8
15 F 0200 FG	1:0	274,9	0,265	0,65 Ffb	51 19 26 14	47,4

Multiraum 3 - DG

16 F 0303 FD S-O 27°	1:0	59,2	0,159	1,00 FD	02 51	9,4
17 F 0304 FD N-W 27°	1:0	110,9	0,159	1,00 FD	02 51	17,6
18 W 0304 DFF 27° N-W 2	1:0	24,3	1,000	1,00 FF	51 02 70	24,3
19 F 0300 FAW S-W	1:0	31,6	0,170	1,00 FAW	02 51	5,4
20 F 0302 FAW S-O	1:0	14,0	0,170	1,00 FAW	02 51	2,4
21 F 0306 FAW N-W	1:0	14,0	0,170	1,00 FAW	02 51	2,4
22 W 0300 FF S-W	1:0	4,3	0,880	1,00 FF	51 02	3,8

Gaube

23 F 0403 FD	1:0	67,7	0,123	1,00 FD	02 51	8,3
24 F 0400 FAW S-O	1:0	16,8	0,196	1,00 FAW	02 51	3,3
25 F 0402 FAW N-O	1:0	6,2	0,196	1,00 FAW	02 51	1,2
26 F 0404 FAW S-W	1:0	6,2	0,196	1,00 FAW	02 51	1,2
27 A 0400 FF S-O	1:0	17,4	0,880	1,00 FF	51 02	15,3

Sanitärräume EG

28 F 0503 FAW N-W	2:0	15,2	0,170	1,00 FAW	02 51	2,6
29 A 0503 FF N-W	2:0	4,9	0,880	1,00 FF	51 02	4,3
30 F 0500 FG	2:0	38,7	0,265	0,65 Ffb	51 19 25 14	6,7

Verkehrsfläche EG

31 F 0601 FAW S-O	4:0	39,2	0,170	1,00 FAW	02 51	6,7
32 F 0602 FAW N-O	4:0	29,7	0,170	1,00 FAW	02 51	5,0
33 F 0603 FAW N-W	4:0	5,9	0,170	1,00 FAW	02 51	1,0
34 A 0601 FF S-O	4:0	38,9	0,880	1,00 FF	51 02	34,2
35 A 0603 FF N-W	4:0	2,4	0,880	1,00 FF	51 02	2,1
36 F 0600 FG	4:0	108,8	0,265	0,65 Ffb	51 19 26 14	18,7

Verkehrsfläche OG

37 F 0701 FAW S-O	4:0	41,7	0,170	1,00 FAW	02 51	7,1
38 F 0702 FAW N-O	4:0	10,1	0,170	1,00 FAW	02 51	1,7
39 A 0701 FF S-O	4:0	36,4	0,880	1,00 FF	51 02	32,0

Putzmittelraum OG

Technik 1

40 F 0903 FD N-W 27°	3:0	76,8	0,159	1,00 FD	02 51	12,2
41 A 0903 DFF 27° N-W 2	3:0	4,8	0,880	1,00 FF	51 02 70	4,3
42 F 0900 FAW N-O	3:0	19,6	0,170	1,00 FAW	02 51	3,3
43 F 0902 FAW N-W	3:0	11,0	0,170	1,00 FAW	02 51	1,9

Technik 2

44 F 1003 FD S-O 21°	3:0	30,5	0,159	1,00 FD	02 51	4,9
45 F 1000 FAW N-O	3:0	11,1	0,170	1,00 FAW	02 51	1,9
46 F 1005 FAW S-O	3:0	7,3	0,170	1,00 FAW	02 51	1,2

Verkehrsfläche DG

47 F 1106 FD S-O 27°	4:0	15,2	0,159	1,00 FD	02 51	2,4
48 F 1108 FAW S-O	4:0	7,1	0,170	1,00 FAW	51	1,2

Gaube 2

49 F 1203 FD	4:0	33,4	0,168	1,00 FD	51	5,6
50 F 1200 FAW S-O	4:0	8,2	0,225	1,00 FAW	51	1,8
51 F 1202 FAW N-O	4:0	6,2	0,225	1,00 FAW	51	1,4
52 F 1204 FAW S-W	4:0	6,2	0,225	1,00 FAW	51	1,4
53 A 1200 FF S-O	4:0	8,7	0,880	1,00 FF	51 02	7,6

Multiraum 2 EG							
54 F 1301 FAW S-O	1:0	15,5	0,170	1,00 FAW	51		2,6
55 F 1304 FAW S-W	1:0	30,6	0,170	1,00 FAW	51		5,2
56 A 1301 FF S-O	1:0	12,1	0,880	1,00 FF	51 02		10,7
57 A 1304 FF S-W	1:0	3,9	0,880	1,00 FF	51 02		3,5
58 F 1300 FG	1:0	66,0	0,265	0,65 Ffb	51 19 25 14		11,4
Klasse 4 + 5 EG							
59 F 1403 FAW N-W	1:0	13,2	0,170	1,00 FAW	51		2,2
60 A 1403 FF N-W	1:0	12,1	0,880	1,00 FF	51 02		10,7
61 F 1400 FG	1:0	70,9	0,265	0,65 Ffb	51 19 26 14		12,2
Differenzierung links EG							
62 F 1503 FAW N-W	1:0	15,5	0,170	1,00 FAW	51		2,6
63 F 1504 FAW S-W	1:0	18,9	0,170	1,00 FAW	51		3,2
64 A 1503 FF N-W	1:0	12,1	0,880	1,00 FF	51 02		10,7
65 F 1500 FG	1:0	36,1	0,265	0,75 Ffb	51 19 27 14		7,2
Klasse 11 OG							
66 F 1601 FAW S-O	1:0	15,5	0,170	1,00 FAW	51		2,6
67 F 1604 FAW S-W	1:0	30,6	0,170	1,00 FAW	51		5,2
68 A 1601 FF S-O	1:0	12,1	0,880	1,00 FF	51 02		10,7
69 A 1604 FF S-W	1:0	3,9	0,880	1,00 FF	51 02		3,5
Klasse 9 + 10 OG							
70 F 1703 FAW N-W	1:0	13,2	0,170	1,00 FAW	51		2,2
71 A 1703 FF N-W	1:0	12,1	0,880	1,00 FF	51 02		10,7
Differenzierung links OG							
72 F 1803 FAW N-W	1:0	15,5	0,170	1,00 FAW	51		2,6
73 F 1804 FAW S-W	1:0	18,9	0,170	1,00 FAW	51		3,2
74 A 1803 FF N-W	1:0	12,1	0,880	1,00 FF	51 02		10,7
Differenzierung rechts O							
75 F 1902 FAW N-O	1:0	19,3	0,170	1,00 FAW	51		3,3
76 F 1903 FAW N-W	1:0	20,5	0,170	1,00 FAW	51		3,5
77 A 1903 FF N-W	1:0	7,3	0,880	1,00 FF	51 02		6,5

$\Sigma A [m^2] = 2.289,0$

$\Sigma H_T [W/K] = 633,7$

1. Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 290,41 / 30,19 = 9,62 \text{ m}$
2. Bodenplattenmaß B' (26) = $9,37 = 9,37 \text{ m}$
3. Bodenplattenmaß B' (27) = $5,91 = 5,91 \text{ m}$

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.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von $0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ pauschal berücksichtigt.
- 70 Dachflächenfenster

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

$H_{T,WB} = 114,4 \text{ W/K}$ (18,1 %, 0,050 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	ΣH_T W/K	$H_{T,iz}$ W/K	$H_{T,zi}$ W/K
<1> Klassenräume	434	110	0	544	0	0
<2> Sanitärräume	10	7	0	16	0	0
<3> Lager, Technik	38	0	0	38	0	0
<4> Verkehrsflächen	131	19	0	150	0	0
	613	136		748		

$H_{T,D} = \Sigma A_j \cdot U_j + \Delta U_{WB} \cdot \Sigma A =$ 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 Transmissionswärmetransferkoeffizient

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 748,1 / 2.289,0 = \mathbf{0,33 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

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 $T_{i1} \geq 19^\circ\text{C}$	0,15	0,88		0,98

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

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,88 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} -41,3\%$

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (Referenzwert, Kat.I), $n_{50} = 2,00 \text{ h}^{-1}$
 Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 3*2289 / 4316 = 1,59 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für starke Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade
 $e_{\text{wind}} = 0.04$ $f_{\text{wind}} = 15$ (EN ISO 13790 Tab.G4)

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h ⁻¹	V_A m ³ /(m ² h)	Luftwechsel		Fenster	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h ⁻¹	n_{inf} h ⁻¹	n_{win} h ⁻¹	$n_{\text{m,ZUL}}$ h ⁻¹	$t_{\text{V,m}}$ h/d
<1> Klassenräume	-	1,57	10,00	3,05	0,06	0,94	-	-
<2> Sanitärräume	-	1,38	15,00	4,22	0,06	1,96	-	-
<3> Lager, Technik	-	1,80	0,15	0,06	0,07	0,10	-	-
<4> Verkehrsfläche	-	1,63	0,00	0,00	0,07	0,10	-	-
⇒ WE-Betrieb ...								
<1> Klassenräume			0,00	0,00	0,06	0,10		
<2> Sanitärräume			0,00	0,00	0,06	0,10		
<3> Lager, Technik			0,00	0,00	0,07	0,10		
<4> Verkehrsflächen			0,00	0,00	0,07	0,10		

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

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

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

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

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

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 / 2 /

$\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) * n_{\text{inf}} - 0.1$ (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_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)

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

Transferkoeffizienten Lüftung	V m ³	$H_{\text{V,z,Jan}}$ W/K	$H_{\text{V,inf}}$ W/K	$H_{\text{V,win}}$ W/K	ΣH_{V} W/K	$H_{\text{V,mech}}$ W/K	$\vartheta_{\text{V,Jan}}$ °C
<1> Klassenräume	3.187	0	68	1020	1.088	0	
<2> Sanitärräume	128	0	2	85	88	0	
<3> Lager, Technik	269	0	7	9	16	0	
<4> Verkehrsflächen	733	0	16	25	41	0	
		0	93	1139	1233	0	
⇒ WE-Betrieb ...							
<1> Klassenräume		0	68	108	177		
<2> Sanitärräume		0	2	4	7		
<3> Lager, Technik		0	7	9	16		
<4> Verkehrsflächen		0	16	25	41		
		0	93	147	240		

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

$H_{\text{V}} = \text{Wärmetransferkoeffizient Lüftung} = n * V * c_{\text{p,a}} * \rho_{\text{a}} = n * V * 0.34 \text{ [W/K]}$

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

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

ϑ_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 α_h , Überhangwinkel α_o und Seitenwinkel α_f
Abminderungsfaktoren $F_S = 0.90$ nach GEG §25, vereinfacht

Kollektorfläche	Zone	A_g m^2	I_S , Jan/Jul W/m^2	g_{eff} , Jan/Jul %	Q_S , Jan/Jul kWh/d
4 A 0101 FF S-O	1	8,48	50/ 132	44/ 44	4,4/ 11,8
5 A 0105 FF N-W	1	25,46	11/ 95	44/ 44	2,9/ 25,4
6 A 0106 FF S-W	1	3,09	40/ 120	44/ 44	1,3/ 3,9
12 A 0201 FF S-O	1	8,48	50/ 132	44/ 44	4,4/ 11,8
13 A 0207 FF N-W	1	30,60	11/ 95	44/ 44	3,5/ 30,5
14 A 0208 FF S-W	1	2,99	40/ 120	44/ 44	1,3/ 3,8
18 W 0304 DFF 27° N	1	16,97	16/ 173	44/ 44	2,8/ 30,8
22 W 0300 FF S-W	1	3,01	40/ 120	44/ 44	1,3/ 3,8
27 A 0400 FF S-O	1	12,16	50/ 132	44/ 44	6,4/ 16,8
29 A 0503 FF N-W	2	3,42	11/ 95	44/ 44	0,4/ 3,4
34 A 0601 FF S-O	4	27,20	50/ 132	44/ 44	14,3/ 37,7
35 A 0603 FF N-W	4	1,71	11/ 95	44/ 44	0,2/ 1,7
39 A 0701 FF S-O	4	25,46	50/ 132	44/ 44	13,4/ 35,3
41 A 0903 DFF 27° N	3	3,39	16/ 173	44/ 44	0,6/ 6,2
53 A 1200 FF S-O	4	6,08	50/ 132	44/ 44	3,2/ 8,4
56 A 1301 FF S-O	1	8,48	50/ 132	44/ 44	4,4/ 11,8
57 A 1304 FF S-W	1	2,76	40/ 120	44/ 44	1,2/ 3,5
60 A 1403 FF N-W	1	8,48	11/ 95	44/ 44	1,0/ 8,5
64 A 1503 FF N-W	1	8,48	11/ 95	44/ 44	1,0/ 8,5
68 A 1601 FF S-O	1	8,48	50/ 132	44/ 44	4,4/ 11,8
69 A 1604 FF S-W	1	2,76	40/ 120	44/ 44	1,2/ 3,5
71 A 1703 FF N-W	1	8,48	11/ 95	44/ 44	1,0/ 8,5
74 A 1803 FF N-W	1	8,48	11/ 95	44/ 44	1,0/ 8,5
77 A 1903 FF N-W	1	5,13	11/ 95	44/ 44	0,6/ 5,1
240,40					76/ 301

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

Q_S = Strahlungsgewinn pro Tag = $A \cdot F_F \cdot g_{eff} \cdot I_S \cdot t$ mit $g_{eff} = f(F_S, F_W, g_{\perp})$ (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 $G3 = 30$

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot}$ = 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

$g_{eff} = F_W \cdot F_V \cdot (a \cdot g_{tot} + (1-a) \cdot g_{\perp})$ 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 ²	U W/(m ² K)	α	h _r W/(m ² K)	I _S , Jul W/m ²	Q _S , Jul kWh/d
1 F 0101 FAW S-O SO	1	14,9	0,17	0,50	4,50	132	0,1
2 F 0105 FAW N-W NW	1	40,5	0,17	0,50	4,50	95	0,2
3 F 0106 FAW S-W SW	1	38,4	0,17	0,50	4,50	120	0,2
8 F 0201 FAW S-O SO	1	14,9	0,17	0,50	4,50	132	0,1
9 F 0206 FAW N-O NO	1	18,0	0,17	0,50	4,50	112	0,1
10 F 0207 FAW N-W NW	1	61,4	0,17	0,50	4,50	95	0,3
11 F 0208 FAW S-W SW	1	48,6	0,17	0,50	4,50	120	0,3
16 F 0303 FD S-O 2 SO	1	59,2	0,16	0,50	4,50	212	0,6
17 F 0304 FD N-W 2 NW	1	110,9	0,16	0,50	4,50	173	0,7
19 F 0300 FAW S-W SW	1	31,6	0,17	0,50	4,50	120	0,2
20 F 0302 FAW S-O SO	1	14,0	0,17	0,50	4,50	132	0,1
21 F 0306 FAW N-W NW	1	14,0	0,17	0,50	4,50	95	0,1
23 F 0403 FD	-	67,7	0,12	0,50	4,50	210	0,5
24 F 0400 FAW S-O SO	1	16,8	0,20	0,50	4,50	132	0,1
25 F 0402 FAW N-O NO	1	6,2	0,20	0,50	4,50	112	0,0
26 F 0404 FAW S-W SW	1	6,2	0,20	0,50	4,50	120	0,0
28 F 0503 FAW N-W NW	2	15,2	0,17	0,50	4,50	95	0,1
31 F 0601 FAW S-O SO	4	39,2	0,17	0,50	4,50	132	0,3
32 F 0602 FAW N-O NO	4	29,7	0,17	0,50	4,50	112	0,2
33 F 0603 FAW N-W NW	4	5,9	0,17	0,50	4,50	95	0,0
37 F 0701 FAW S-O SO	4	41,7	0,17	0,50	4,50	132	0,3
38 F 0702 FAW N-O NO	4	10,1	0,17	0,50	4,50	112	0,1
40 F 0903 FD N-W 2 NW	3	76,8	0,16	0,50	4,50	173	0,5
42 F 0900 FAW N-O NO	3	19,6	0,17	0,50	4,50	112	0,1
43 F 0902 FAW N-W NW	3	11,0	0,17	0,50	4,50	95	0,0
44 F 1003 FD S-O 2 SO	3	30,5	0,16	0,50	4,50	210	0,3
45 F 1000 FAW N-O NO	3	11,1	0,17	0,50	4,50	112	0,1
46 F 1005 FAW S-O SO	3	7,3	0,17	0,50	4,50	132	0,1
47 F 1106 FD S-O 2 SO	4	15,2	0,16	0,50	4,50	212	0,1
876,6							5,6

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

α = Strahlungs-Absorptionsgrad (Tab.9), abhängig von der Bauteiloberfläche

I_S = globale Sonneneinstrahlung, jahreszeit-, neigungs- und orientierungsabhängig [W/m²]

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/(m²K)

Δϑ_{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> Klassenräu	4.122	2.872	1.114	732	1.369	1.387	3.296	46.687
<2> Sanitärräu	55	31	14	8	12	18	42	676
<3> Lager, Tec	97	52	24	13	18	32	75	1.212
<4> Verkehrsfl	2.080	1.755	599	443	962	734	1.741	21.888
über opake ...								
<1> Klassenräu	44	20	-	-	1	-	24	640
<2> Sanitärräu	0	-	-	-	-	-	-	9
<3> Lager, Tec	5	1	-	-	0	-	1	153
<4> Verkehrsfl	16	10	-	-	1	-	10	187
.....								
	6.420	4.740	1.751	1.197	2.363	2.171	5.190	71.453

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

Zone	AB m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
<1> Klassenräume	630	63,0	12,6	0,0	75,6
<2> Sanitärräume	36	-	-	0,0	0,0
<3> Lager, Technik	100	-	-	0,0	0,0
<4> Verkehrsflächen	222	-	-	0,0	0,0
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> Klassenräume		-	-	0,0	0,0
<2> Sanitärräume		-	-	0,0	0,0
<3> Lager, Technik		-	-	0,0	0,0
<4> Verkehrsflächen		-	-	0,0	0,0
ungeregelte Wärmeeinträge im Januar					
Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
<1> Klassenräume	0,0	7,0	0,8	0,0	0,0
<2> Sanitärräume	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
<3> Lager, Technik	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
<4> Verkehrsflächen	0,0	1,5	0,2	0,0	0,0

AB = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

Q_{I,p} = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)

Q_{I,fac} = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen

Q_{I,g} = Q_{I,goods} = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

Q_{I,L} = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme

Q_{I,h} = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme

Q_{I,w} = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme

Q_{I,rv} = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

Q_{source} im WE-Betrieb mit anteiligen Wärmeeinträgen aus dem Heizsystem nach Abs.6.5.6

Zone	Σ H _T W/K	Σ H _V W/K	Σ H _{V,mech} W/K	Q _{sink} kWh/d	Q _{source} kWh/d	γ
<1> Klassenräume	544	1088	0	779	128	0,164
<2> Sanitärräume	16	88	0	50	1	0,019
<3> Lager, Technik	38	16	0	29	1	0,028
<4> Verkehrsflächen	150	41	0	97	33	0,339
Zone	C _{wirk} Wh/(m ² K)	H W/K	τ h	a -	η -	η _{WE}
<1> Klassenräume	50	1632	29,76	2,86	0,995	1,000
<2> Sanitärräume	50	104	17,25	2,08	1,000	1,000
<3> Lager, Technik	50	53	93,57	6,85	1,000	1,000
<4> Verkehrsflächen	50	191	57,11	4,57	0,995	0,989

Σ H_T = H_{T,D} + H_{T,S} + H_{T,iu} = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten, H_{T,iz} siehe Q_{sink}

Σ H_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

Σ 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

$\gamma = Q_{\text{source}} / Q_{\text{sink}}$ = 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

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

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

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

η_{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
T_e	d/m °C	31 1,0	28 1,9	31 4,7	30 9,2	31 14,1	30 16,7	31 19,0	31 18,6	30 14,3	31 9,5	30 4,1	31 0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i, 1}$	°C	19,6	19,6	19,8	20,1	20,5	20,7	20,9	20,8	20,5	20,2	19,8	19,6
$T_{i, 2}$	°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
$T_{i, 3}$	°C	20,2	20,2	20,3	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,3	20,2
$T_{i, 4}$	°C	20,1	20,1	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,2	20,0
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	17,4	17,6	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	18,0	17,4
$T_{i, 2}$	°C	17,5	17,7	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	19,0	18,0	17,5
$T_{i, 3}$	°C	17,6	17,8	18,2	19,0	19,8	20,3	20,7	20,6	19,9	19,0	18,1	17,6
$T_{i, 4}$	°C	17,4	17,5	18,0	18,9	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3

7.1 Zone <1> Klassenräume

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen η_{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 $\vartheta_{h,Jan} = 19,6$ °C und $Q_I = 75,6$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,4$ °C und $Q_I = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,857	0,961	0,994	0,997	0,995	0,994	0,979	0,803
$\eta_{\text{source, WE}}$		0,652	0,976	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990	0,699
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.200	860	833	860	860	777	860	10.461
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.753
$Q_{h,b,RE}$	kWh	2.098	5.100	8.982	11.467	11.070	9.427	7.784	62.708
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	161	1.938	2.833	2.518	2.042	900	10.392
Q_T	kWh	2.309	4.094	5.823	7.156	7.120	6.142	5.803	48.019
Q_V	kWh	2.985	5.294	7.529	9.253	9.206	7.941	7.503	62.085
Q_S^*	kWh	3.183	2.800	1.110	731	1.366	1.382	3.266	29.121
Q_I^*	kWh	1.149	1.346	1.370	1.441	1.420	1.267	1.364	13.239

$\eta_{\text{source}} / \eta_{\text{source,WE}}$ = Ausnutzungsgrade für solare und interne Wärmegewinne 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 Wärmegewinne $Q_S^* = Q_S \cdot \eta$ und interne Wärmegewinne $Q_I^* = Q_I \cdot \eta$
 Heizwärmebedarf $Q_{h,b} = Q_T + Q_V - Q_S^* \eta - Q_I^* \eta$ mit dem Ausnutzungsgrad η

7.2 Zone <2> Sanitärräume

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,5 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,987	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,950
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,992	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,830
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	27	32	31	32	32	29	32	291
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	7.269
$Q_{h,b,RE}$	kWh	305	577	831	1.023	1.016	872	810	6.511
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	10	39	56	54	43	28	231
Q_T	kWh	72	128	182	224	222	192	181	1.500
Q_V	kWh	282	501	712	875	871	751	710	5.874
Q_S^*	kWh	55	31	14	8	12	18	42	577
Q_I^*	kWh	10	11	12	13	12	10	11	125

7.3 Zone <3> Lager, Technik

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,6 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,894
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,858
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	64	87	86	89	89	80	89	799
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	5.997
$Q_{h,b,RE}$	kWh	160	354	505	615	608	515	461	3.607
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	19	83	123	120	94	58	497
Q_T	kWh	167	296	421	518	515	445	420	3.475
Q_V	kWh	70	123	176	216	215	185	175	1.448
Q_S^*	kWh	102	53	24	13	18	32	76	1.060
Q_I^*	kWh	3	4	5	6	5	5	4	43

7.4 Zone <4> Verkehrsflächen

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,1 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,4 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,435	0,878	0,998	1,000	0,995	0,997	0,960	0,648
$\eta_{source, WE}$		0,390	0,693	0,996	1,000	0,989	0,994	0,852	0,586
$\Delta Q_{C, b, WE}$	kWh	-	382	187	193	193	175	550	2.192
t_h	h	-	510	720	744	744	672	510	4.255
$Q_{h, b, RE}$	kWh	-	361	1.266	1.723	1.361	1.248	882	6.939
$Q_{h, b, WE}$	kWh	-	-	226	406	241	229	-	1.101
Q_T	kWh	659	1.168	1.662	2.042	2.032	1.753	1.656	13.702
Q_V	kWh	181	320	456	560	557	481	454	3.759
Q_S^*	kWh	883	1.447	598	443	956	731	1.621	10.596
Q_I^*	kWh	11	28	35	41	36	30	29	250

7.5 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/(m ² a)
<1> Klassenräume	48.019	62.085	29.121	13.239	73.100	75,3
<2> Sanitärräume	1.500	5.874	577	125	6.742	187,3
<3> Lager, Technik	3.475	1.448	1.060	43	4.104	41,1
<4> Verkehrsflächen	13.702	3.759	10.596	250	8.041	36,8
	66.696	73.165	41.354	13.658	91.987	69,4

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (13), mit Dachoberlichtern (2)

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	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 A 0101 FAW S-O	S-O 1	300	19,7	12,1	gut	92
2 A 0105 FAW N-W	N-W 1	300	78,9	36,4	gut	96
3 A 0106 FAW S-W	S-W 1	300	16,9	4,4	gut	89
4 A 0201 FAW S-O	S-O 1	300	19,7	12,1	gut	92
5 A 0207 FAW N-W	N-W 1	300	110,1	43,7	gut	95
6 A 0208 FAW S-W	S-W 1	300	16,9	4,3	gut	89
7 W 0300 FAW S-W	S-W 1	300	0,0	4,3	keine	55
9 A 0400 FAW S-O	S-O 1	300	0,0	17,4	keine	44
10 A 0503 FAW N-W	N-W 2	200	23,9	4,9	mittel	87
11 A 0601 FAW S-O	S-O 4	100	90,4	38,9	gut	92
12 A 0603 FAW N-W	N-W 4	100	7,7	2,4	gut	94

13	A	0701	FAW	S-0	S-0	4	100	90,4	36,4	gut	91
15	A	1200	FAW	S-0	S-0	4	100	0,0	8,7	keine	56

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich				Zone	E_m lx	ATL m ²	ARB m ²	Tageslicht	CTL %
8	A	0304	FD N-W 27°	1	300	372,7	24,3	gering	83
14	A	0903	FD N-W 27°	3	100	74,5	4,9	gering	83

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	ATL [m ²]	$AKTL$ [m ²]
<1> Klassenräume	971	635	336
<2> Sanitärräume	36	24	12
<3> Lager, Technik	100	75	25
<4> Verkehrsflächen	218	188	30

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

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

ARB = 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 $D_j = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k \cdot ARB / ATL \cdot \eta_R$ (Gl. 35), mit D_a = Außentageslichtquotient nach Tab.17, η_R = Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19

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

CTL bei Dachoberlichtern nach Tab.23/24, abhängig von der Dachneigung und Flächenorientierung

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich				CTL	CTL_{kon}	FTL	Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1	A	0101	FAW S-0	1	92	60	53	46	41	38	36	35
2	A	0105	FAW N-W	1	96	60	51	44	39	35	33	32
3	A	0106	FAW S-W	1	89	60	54	48	43	40	38	37
4	A	0201	FAW S-0	1	92	60	53	46	41	38	36	35
5	A	0207	FAW N-W	1	95	60	51	45	39	36	34	33
6	A	0208	FAW S-W	1	89	60	55	48	43	40	38	38
7	W	0300	FAW S-W	1	55	50	77	73	71	69	68	68
8	A	0304	FD N-W 27°	1	83	50	69	62	56	52	49	49
9	A	0400	FAW S-0	1	44	50	81	79	77	75	74	74
10	A	0503	FAW N-W	2	87	55	59	54	49	46	44	44
11	A	0601	FAW S-0	4	92	60	53	47	42	38	36	36
12	A	0603	FAW N-W	4	94	60	52	45	40	37	34	34
13	A	0701	FAW S-0	4	91	60	53	47	42	39	36	36
14	A	0903	FD N-W 27°	3	83	50	69	62	56	52	49	49
15	A	1200	FAW S-0	4	56	50	76	73	71	69	68	67

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

CTL_{kon} = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25

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

$FTL = \max[1 - v_{Monat} \cdot CTL \cdot CTL_{kon}; 0]$, Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab.26 / 27

10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (18)
Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E_m lx	Lampen	p_j W/m ²	$f_{Prä}$	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{L,b}$ kWh/m
1 A 0101 FAW S-O	1	300	9-1-1	3,2	0,88	55	1225	0	3
2 A 0105 FAW N-W	1	300	9-1-1	3,2	0,88	53	1225	0	13
3 A 0106 FAW S-W	1	300	9-1-1	3,2	0,88	57	1225	0	3
4 A 0201 FAW S-O	1	300	9-1-1	3,2	0,88	55	1225	0	3
5 A 0207 FAW N-W	1	300	9-1-1	3,2	0,88	53	1225	0	19
6 A 0208 FAW S-W	1	300	9-1-1	3,2	0,88	57	1225	0	3
7 W 0300 FAW S-W	1	300	9-1-1	3,2	0,88	80	1225	0	0
8 A 0304 FD N-W 27°	1	300	9-1-1	3,2	0,88	72	1225	0	86
9 A 0400 FAW S-O	1	300	9-1-1	3,2	0,88	85	1225	0	0
10 A 0503 FAW N-W	2	200	9-1-1	3,3	0,55	70	1399	114	6
11 A 0601 FAW S-O	4	100	9-1-1	1,6	0,60	69	1526	124	12
12 A 0603 FAW N-W	4	100	9-1-1	1,6	0,60	67	1526	124	1
13 A 0701 FAW S-O	4	100	9-1-1	1,6	0,60	69	1526	124	12
14 A 0903 FD N-W 27°	3	100	9-1-1	2,4	0,07	10	175	14	2
15 A 1200 FAW S-O	4	100	9-1-1	1,6	0,60	99	1526	124	0
16 A in <2> ohne TL	2	200	9-1-1	3,3	0,55	0	1399	114	5
17 A in <3> ohne TL	3	100	9-1-1	2,4	0,07	0	175	14	1
18 A in <4> ohne TL	4	100	9-1-1	1,6	0,60	0	1526	124	7

176

9-1-1 (0,44): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, $A_{KL} = 989 \text{ m}^2$
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> Klassenräu	92	105	116	136	118	94	94	1.169
<2> Sanitärräu	10	11	11	12	11	10	10	125
<3> Lager, Tec	3	3	3	3	3	3	3	32
<4> Verkehrsfl	26	29	31	35	31	26	27	328
	131	148	161	187	164	132	134	1.654

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB}$ W/m² (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 = $p_j \cdot [A_{TL} \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (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)

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> Klassenräume	nicht relevant			-
<2> Sanitärräume	Schule ohne Dus	0,130 m ² Klassenräu	36	99 c
<3> Lager, Technik	nicht relevant			-
<4> Verkehrsflächen	nicht relevant			-

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

c) Flächenbezug ist die Nettogrundfläche A_{NGF}

12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme

Versorgungsbereich	Zonen(n)	fZapf	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 dezentrale WW-Versorgung	1/2/3/4/	1,00	1.170
2			

12.3 Verteilungsnetze

nicht vorgesehen

12.4 Warmwasserspeicher

nicht vorgesehen

12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 1/2/3/4								
$Q_{w, outg}$ kWh	96	99	96	99	99	90	99	1.169

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

12.8 Wärmeerzeugung

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 1/2/3/4

Wärmeerzeuger 20 hydraulisch gesteuerter Elektro-Durchlauferhitzer 2,0 kW (Strom-Mix)

Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 99,0\%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0000$ kW

Nutzwärmeabgabe für Trinkwarmwasserbereitung $Q_{w,outg} = Q_{w,b} + Q_{w,d} + Q_{w,s}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 1/2/3/4									
$Q_{w,outg}$	kWh	96	99	96	99	99	90	99	1.169
$Q_{w,f}$	kWh	97	100	97	100	100	91	100	1.181

mit $Q_{w,outg}$ = Nutzwärmebedarf der Erzeugung, $Q_{w,f} = Q_{w,outg} + Q_{w,g}$ = Endenergiebedarf

12.9 Endenergie Warmwasserbereitung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{w,outg}$	kWh	96	99	96	99	99	90	99	1.169
$Q_{w,f}$	kWh	97	100	97	100	100	91	100	1.181
$W_{w,f}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Strom-Mix	kWh	97	100	97	100	100	91	100	1.181

$Q_{w,outg} / Q_{w,f}$ = Nutz- / Endenergiebedarf für Warmwasserbereitung

$W_{w,f}$ = Hilfsenergiebedarf, $Q_{l,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch Leitungs- / Speicherverluste

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_l werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

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^3/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
<1> Klassenräume	17,4	17,4	0	0,0	34,8
<2> Sanitärräume	0,5	1,4	0	0,0	1,9
<3> Lager, Technik	1,2	0,3	0	0,0	1,5
<4> Verkehrsflächen	4,8	0,7	0	0,0	5,5

$Q_{T,max}$ = 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 2	Nasssystem	1/2/3/4/	91.987	43,7	34,5

<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	2.564	6.583	13.870	18.247	16.988	14.470	10.923	91.987

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 <2> Sanitärräume									
Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <2>$	h/m	493	744	720	744	744	672	744	7.269
$t_{h,rL,d} <2>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <2>$	d/m	14	23	24	26	26	23	25	233
$t_{h,rL} <2>$	h/m	185	308	389	462	460	400	391	3.515

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = 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) (13,6%)

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	2.564	6.583	13.870	18.247	16.988	14.470	10.923	91.987
$Q_{h,ce}$	kWh	810	1.212	1.738	1.923	1.799	1.604	1.419	12.538
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	3.374	7.795	15.608	20.169	18.787	16.074	12.342	104.525

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

Verluste der Wärmeübergabe $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (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 $A_{\text{Nutz,Heizbereich}} = 984,5$
 m^2 , Geschosshöhe i.M. = 3,40 m, 3 Geschosse.

Vor- / Rückklufttemperatur (Auslegung) $\vartheta_{VA} = 35^\circ\text{C}$ / $\vartheta_{RA} = 28^\circ\text{C}$, $T_{i,\text{Soll},<2>} = 21,0^\circ\text{C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 41 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Fußbodenheizung Nasssystem			
Leitungslängen l_i	88,4 m	16,8 m	- m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\vartheta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

Mittlere Heizkreistemperaturen $\vartheta_{VL,av}$ (Vorlauf) und $\vartheta_{RL,av}$ (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								
$\beta_{h,d}$	0,16	0,24	0,50	0,62	0,58	0,55	0,38	
$\vartheta_{VL,av}$ °C	23,6	24,8	28,4	30,1	29,5	29,1	26,8	
$\vartheta_{RL,av}$ °C	22,3	22,9	24,7	25,5	25,3	25,1	23,9	
$Q_{h,d}$ kWh	35	64	104	136	132	112	94	728
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$ kWh	2	5	11	15	15	12	9	79

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 0,7\%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,1\%$

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

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

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

$Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i (\vartheta_{HK,m} - \vartheta_{I,i}) \cdot t_{h,RL,i}/1000$ [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	3.409	7.859	15.712	20.306	18.919	16.186	12.437	105.253

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

13.7 Heizwärmepufferspeicher

Heizbereiche (1)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 328 \text{ l}$, Umgebungstemperatur $\theta_u = 20,0 \text{ °C}$

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 2,9 \text{ kWh/d}$, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 70 \text{ W}$

$$Q_{h,s} = f_{con} \cdot (\theta_{h,s} - \theta_u) / 45 \cdot d_{h,mth} \cdot q_{B,S} = \text{Speicherverluste (Gl.68)}$$

$$Q_{I,h,s} = Q_{h,s} \text{ bei Aufstellung im beheizten Bereich (ungeregelte Wärmeeinträge, Gl.69)}$$

$$W_{h,s} = P_{Pumpe} \cdot \beta_{h,s} \cdot 24 \cdot d_{mth} / 1000 = \text{Hilfsenergiebedarf (Gl.71)}$$

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	23	24	27	28	27	27	25	
$Q_{h,s}$	kWh	7	9	15	19	18	16	13	123
$W_{h,s}$	kWh	8	13	25	33	30	26	20	179
$Q_{I,h,s}$	kWh	7	9	15	19	18	16	13	123

Aufteilung $Q_{I,h,s}$: nach Grundflächenanteilen

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, 34,5 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 stundenanteil 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

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

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_{HZg} = 3,73

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h, outg}	kWh	3.416	7.869	15.728	20.325	18.937	16.201	12.450	105.376
COP		4,89	4,21	3,88	3,64	3,67	3,69	3,86	
t _{ON, g, d}	h/d	3,2	7,3	15,3	18,4	17,3	17,7	12,4	
Q _{h, f}	kWh	817	1.941	3.895	4.776	4.477	4.171	3.290	26.005
Q _{h, f, bu}	kWh	-	130	954	3.112	2.810	1.114	238	8.376
Q _{h, f, sum}	kWh	817	2.071	4.849	7.888	7.287	5.285	3.528	34.381
Q _{h, in}	kWh	2.599	5.797	10.879	12.437	11.650	10.916	8.922	70.996

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1)

(1) "Fußbodenheizung Nasssystem", Zonen 1/2/3/4 ($A_{NGF} = 1.326 \text{ m}^2$)

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h, f}	kWh	817	2.071	4.849	7.888	7.287	5.285	3.528	34.381
W _h	kWh	8	13	25	33	30	26	20	179
eco-Strom	kWh	817	2.071	4.849	7.888	7.287	5.285	3.528	34.381
Q _{I, h, <1>}	kWh/d	0,2	0,3	0,6	0,8	0,8	0,7	0,5	
Q _{I, h, <2>}	kWh/d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Q _{I, h, <3>}	kWh/d	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Q _{I, h, <4>}	kWh/d	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	

$Q_{h,f}$ = 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)

$Q_{I,h}$ = unregelte 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

Unregelte 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}/H_i	Q_P kWh/a
Strom-Mix	Warmwasser	1/2/3/4/	1.181	1,80	1,00	2.126
eco-Strom	Heizwärme	1/2/3/4/	34.381	1,80	1,00	61.885
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/	1.654	1,80	1,00	2.978
Strom-Mix	Hilfsenergie		179	1,80	1,00	322
Σ [kWh/Jahr]			37.395			67.311

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 67.311 / 1.326 = 50,8$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.326$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 37.395 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 0,1 kWh/(m²a), Strom-Mix 2,1 kWh/(m²a), eco-Strom 25,9 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/(m²a)
Strom-Mix	1.181	560	661	
eco-Strom	34.381	560	19.253	
Strom-Mix	1.654	560	927	
Strom-Mix	179	560	100	
	37.395		20.941	15,8

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	m²	RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
<1> Klassenräume	971	-	1.169	-	-	27.323	28.492
<2> Sanitärräume	36	-	125	-	1.181	2.519	3.825
<3> Lager, Techni	100	-	32	-	-	1.533	1.566
<4> Verkehrsfläch	218	-	328	-	-	3.005	3.333
Gebäude	1.326	-	1.654	-	1.181	34.381	37.217

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 ² a	Beleucht. kWh/m ² a	Klima kWh/m ² a	Warmwasser kWh/m ² a	Heizung kWh/m ² a	Summe kWh/m ² a
Nutzenergiebedarf	0,0	1,2	0,0	0,9	69,4	71,5
Endenergiebedarf	0,0	1,2	0,0	0,9	26,1	28,2
Primärenergiebedarf	0,0	2,2	0,0	1,6	46,9	50,8

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 $q_{P,REF} = 110,2 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, aus der Referenzberechnung

zul $q_P = 110,2 - 45\% = 60,6 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, geforderte Unterschreitung nach GEG §18 und GEG-Novelle 2023 / 2024

vorh $q_P = 67.311 / 1325,5 = 50,8 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

vorh $q_P = 50,8 \leq 60,6 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, **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 106.557 kWh/a

genutzte erneuerbare Energien

1. aus thermischen Solaranlagen - kWh/a

2. aus elektrischen Wärmepumpen 105.376 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 105.376 kWh/a 99 %

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie $DA_{EE} = 105376,2/106557,2 \cdot 100 = 99\%$ (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

Nachweis für privat genutzte Gebäude

Wärme- und Kälteenergiebedarf = 35562 + 0 + 70996 = 106.557 kWh/Jahr (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil erzielt	Deckungsanteil gefordert	Nutzungs- anteil
Umweltenergie [Hzg-WP]	97.000	91,0 %	50,0 %	182,0 %
				182,0 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

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

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung erzielt	Unterschreitung gefordert	Nutzungs- anteil
HT' - Wert	W/(m²K)	0,44	0,33	25,8 %	15,0 %	172,3 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 354,3 % ≥ Nutzungspflichtanteil = 100 %

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

20.0 Bundesförderprogramme (BEG)

Bundesförderprogramme für den Neubau von Nichtwohngebäuden

Technische Mindestanforderungen zum Programm:

KFW-Förderprogramme für den klimafreundlichen Neubau von Nichtwohngebäuden ab 16.12.2025, Effizienzgebäude EG 55, keine Wärmeerzeuger mit fossilen Energieträgern

Referenzberechnung = "Gebäude-Referenz2020"

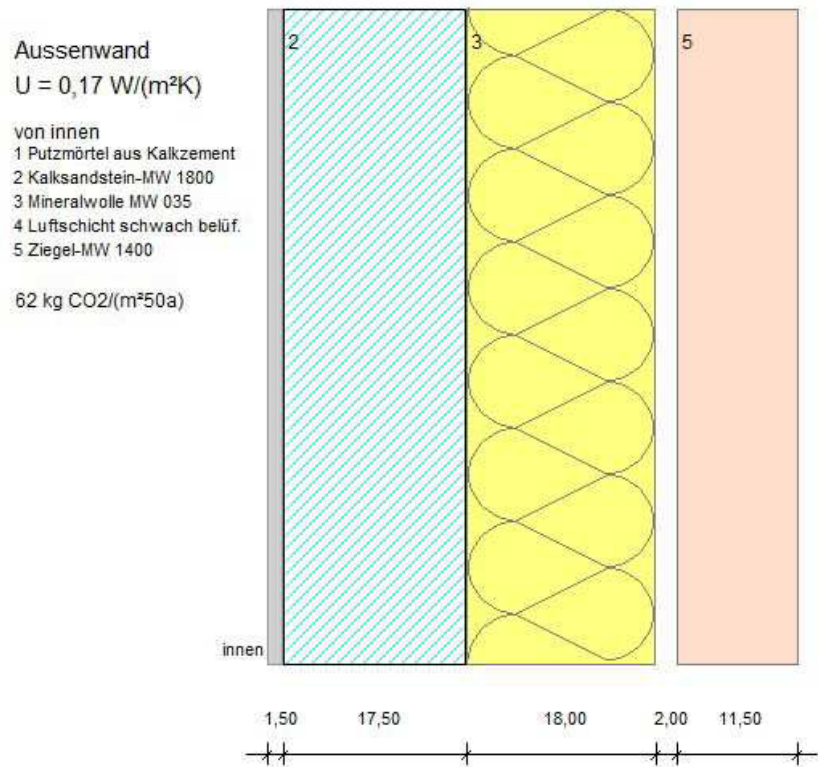
	Primärenergiebedarf Qp' (kWh/(m²a))	----- mittlere U-Werte ----- Opake Fenster Vorh. Oberl. W/(m²K) W/(m²K) W/(m²K)					
Referenzberechnung	100 %	110,2					
erreicht Ti ≥ 19°C	46 %	50,8	0,15	0,88		0,98	
Effizienzgebäude 55	55 %	60,6	0,22	1,20	1,20	2,00	OK
Effizienzgebäude 40	40 %	44,1	0,18	1,00	1,00	1,60	

Das Förderniveau **Effizienzgebäude 55** wird erreicht.

Bauteilquerschnitt

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

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	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Putzmörtel aus Kalkzement	1,50	1800	27,0	1,000	0,015
02 Kalksandstein-MW 1800	17,50	1800	315,0	0,990	0,177
03 Mineralwolle MW 035	18,00	20	3,6	0,035	5,143
04 Luftschicht schwach belüf.	2,00	1	0,0	0,110	0,182
05 Ziegel-MW 1400	11,50	1400	161,0	0,580	0,198
R_{se}					0,040
d =	50,50	G =	506,6	$R_T = 5,88$	

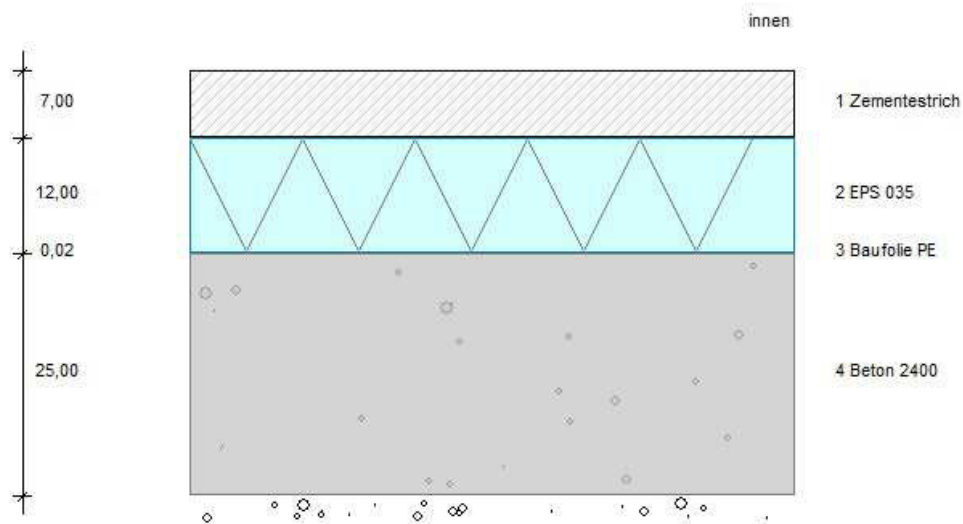
Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,170 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Bodenplatte



Bodenplatte
 $U = 0,27 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
 $28 \text{ kg CO}_2\text{/(m}^2\text{50a)}$

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	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Zementestrich	7,00	2000	140,0	1,400	0,050
02 EPS 035	12,00	20	2,4	0,035	3,429
03 Baufolie PE	0,02	1000	0,2	-	-
04 Beton 2400	25,00	2400	600,0	2,000	0,125
R_{se}					0,000
	d = 44,02	G =	742,6	$R_T = 3,77$	

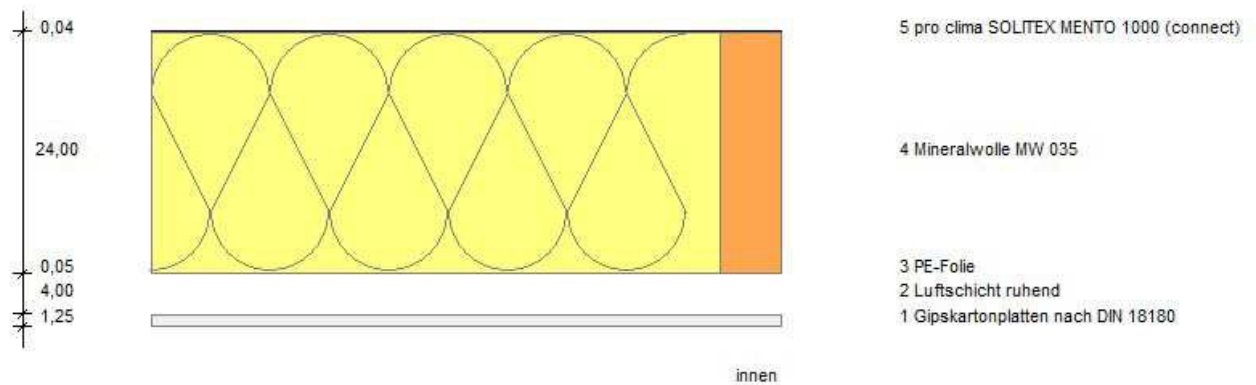
Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,265 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Dach



Dach

$U = 0,16 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$3 \text{ kg CO}_2\text{/(m}^2\text{50a)}$

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02 Luftschicht ruhend	4,00	1	0,0	0,110	0,364
03 PE-Folie	0,05	-	-	-	-
04 Mineralwolle MW 035	24,00	20	4,8	0,035	6,857
05 pro clima SOLITEX MENTO 1000 (co	0,04	-	0,1	0,170	0,002
R_{se}					0,040
d =	29,34	G =	15,0	$R_T =$	7,41

$U_{\text{Gefach}} = 0,135 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil			
6,0 cm	75,0 cm	8,0 %	26,1 kg/m²		
Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R _{si}					0,100
01 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02 Luftschicht ruhend	4,00	1	0,0	0,110	0,364
03 PE-Folie	0,05	-	-	-	-
04 Nadelholz	24,00	600	144,0	0,130	1,846
05 pro clima SOLITEX MENTO 1000 (co	0,02	-	0,1	0,170	0,001
R _{se}					0,040
	29,32		154,2	R _T =	2,40

$$U_{(R)} = 0,416 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (92,00\% \cdot 1/7,413 + 8,00\% \cdot 1/2,401) = 6,35 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,10 + 1/(0,920/0,050 + 0,080/0,050) + 1/(0,920/0,364 + 0,080/0,364) + 1/(0,920/6,857 + 0,080/1,846) + 0,04 = 6,19 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 6,27 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 1 \%)$$

$$U = 1 / R_T = 0,159 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

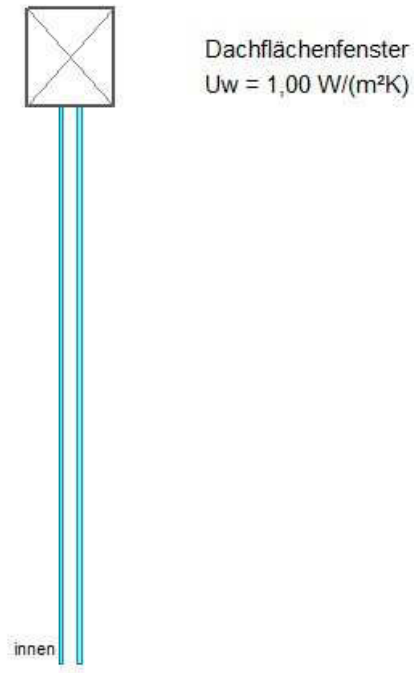
Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,159 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Dachflächenfenster



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

Isolierverglasung 4-6-4-6-4, Xenonfüllung, beschichtet, $\varepsilon \leq 0,1$, U_g 0.8

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

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

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

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, verbesserter Randverbund, 20%

Rahmenanteil, Tab. H.4

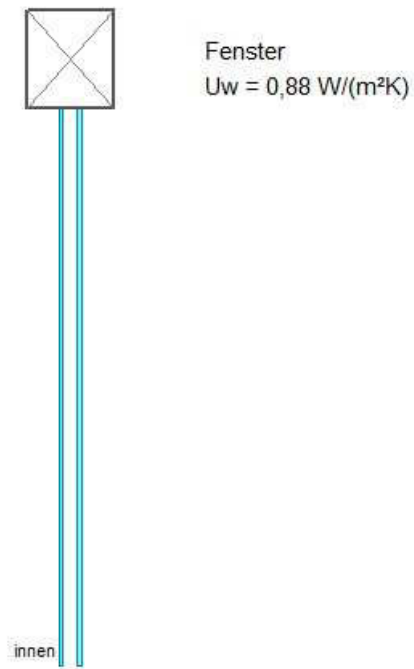
mit $U_g = 0,80$ und $U_f = 1,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

$U_W = 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Bauteilquerschnitt

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Fenster



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

Isolierverglasung 4-12-4-12-4, Kryptonfüllung, beschichtet, $\epsilon \leq 0,1$, $U_g 0,6$

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 $U_w = 0,88 (0,9) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, verbesserter Randverbund, 20%

Rahmenanteil, Tab. H.4

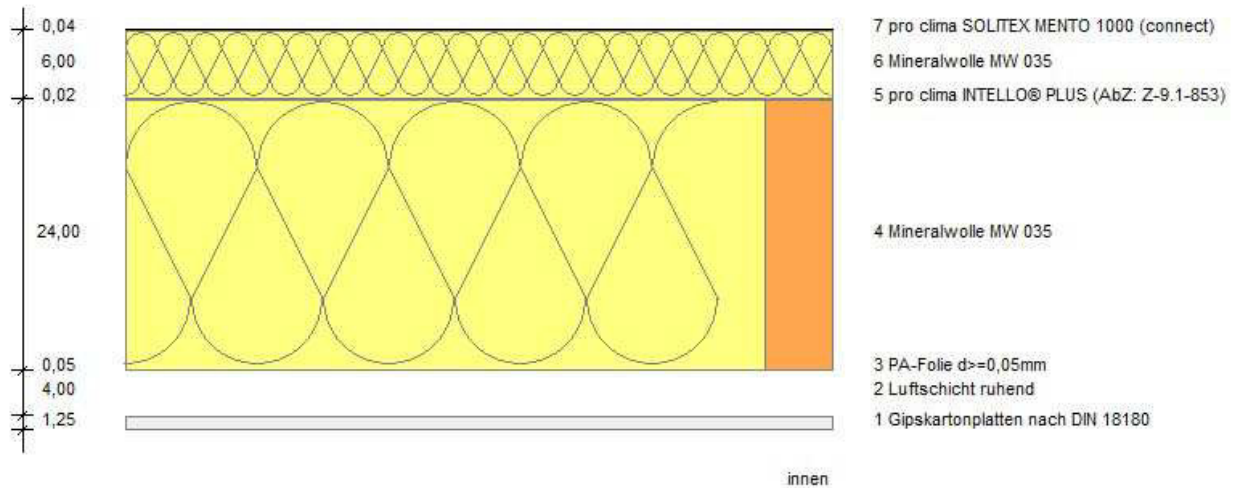
mit $U_g = 0,60$ und $U_f = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_w = 0,88 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Bauteilquerschnitt

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Flachdach



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	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02 Luftschicht ruhend	4,00	1	0,0	0,110	0,364
03 PA-Folie $d \geq 0,05\text{mm}$	0,05	-	-	-	-
04 Mineralwolle MW 035	24,00	20	4,8	0,035	6,857
05 pro clima INTELLO® PLUS (AbZ: Z-	0,02	-	0,1	0,170	0,001
06 Mineralwolle MW 035	6,00	20	1,2	0,035	1,714
07 pro clima SOLITEX MENTO 1000 (co	0,04	-	0,1	0,170	0,002
R_{se}					0,040
d =	35,36	G =	16,3	$R_T = 9,13$	

$U_{\text{Gefach}} = 0,110 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil			
6,0 cm	75,0 cm	8,0 %	27,4 kg/m²		
Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
R _{si}					0,100
01 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02 Luftschicht ruhend	4,00	1	0,0	0,110	0,364
03 PA-Folie d>=0,05mm	0,05	-	-	-	-
04 Nadelholz	24,00	600	144,0	0,130	1,846
05 pro clima INTELLLO® PLUS (AbZ: Z-	0,02	-	0,1	0,170	0,001
06 Mineralwolle MW 035	6,00	20	1,2	0,035	1,714
07 pro clima SOLITEX MENTO 1000 (co	0,04	-	0,1	0,170	0,002
R _{se}					0,040
	35,36		155,5	R _T =	4,12

$$U_{(R)} = 0,243 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (92,00\% * 1/9,129 + 8,00\% * 1/4,118) = 8,32 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,10 + 1/(0,920/0,050 + 0,080/0,050) + 1/(0,920/0,364 + 0,080/0,364) + 1/(0,920/6,857 + 0,080/1,846) + 1/(0,920/1,715 + 0,080/1,715) + 0,04 = 7,90 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 8,11 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler = } R'_T - R''_T / 2 * R_T = 3 \%)$$

$$U = 1 / R_T = 0,123 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

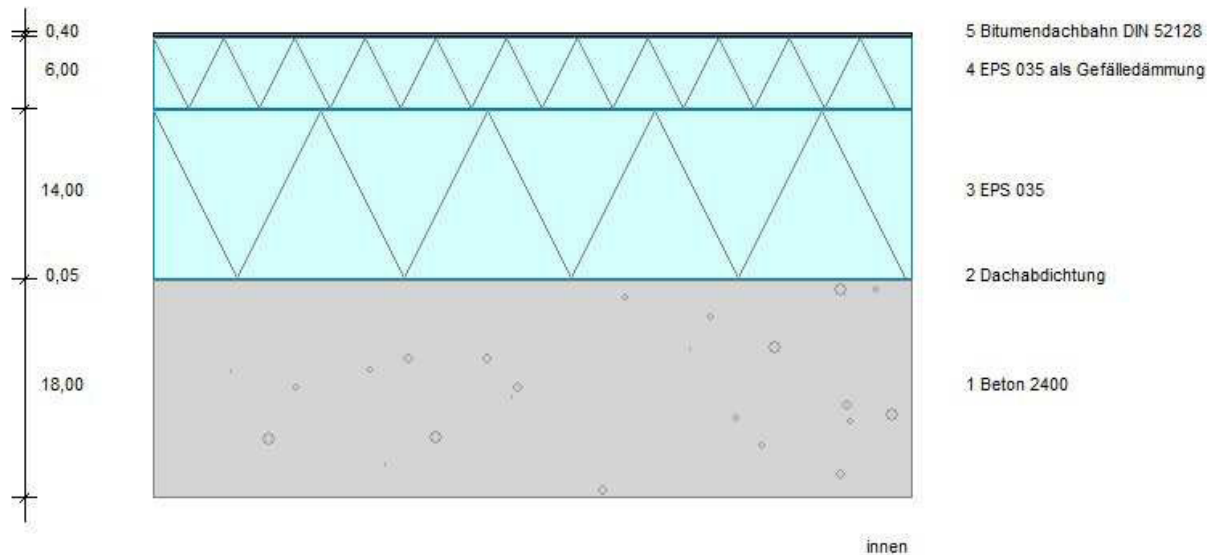
Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,123 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Flachdach Treppenhaus



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	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Beton 2400	18,00	2400	432,0	2,000	0,090
02 Dachabdichtung	0,05	-	0,2	-	-
03 EPS 035	14,00	20	2,8	0,035	4,000
04 EPS 035 als Gefälledämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714
05 Bitumendachbahn DIN 52128	0,40	1200	4,8	0,170	0,024
R_{se}					0,040
d =	38,45	G =	441,0	$R_T =$	5,97

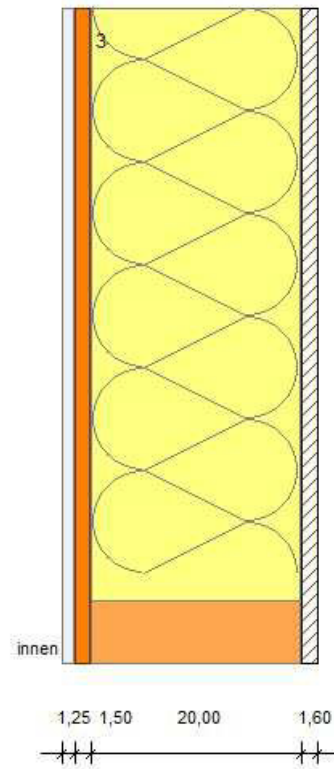
Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,168 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Gaubenwand



Gaubenwand

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

von innen

1 Gipskartonplatten nach DIN 18180

2 OSB-Platten

3 Mineralwolle MW 035

4 AGEPAN DWD 600

$2 \text{ kg CO}_2\text{/(m}^2\text{50a)}$

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	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02 OSB-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115
03 Mineralwolle MW 035	20,00	20	4,0	0,035	5,714
04 AGEPAN DWD 600	1,60	600	9,6	0,100	0,160
R_{se}					0,040
	d = 24,35	G = 33,4		$R_T = 6,21$	

$U_{\text{Gefach}} = 0,161 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil				
6,0 cm	62,5 cm	9,6 %	44,5 kg/m²			
Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W	
R _{si}					0,130	
01 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,050	
02 OSB-Platten	1,50	650	9,8	0,130	0,115	
03 Nadelholz	20,00	600	120,0	0,130	1,538	
04 AGEPAN DWD 600	1,60	600	9,6	0,100	0,160	
R _{se}					0,040	
	24,35		149,3	R _T =	2,03	

$$U_{(R)} = 0,492 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (90,40\% \cdot 1/6,210 + 9,60\% \cdot 1/2,034) = 5,19 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,13 + 1/(0,904/0,050 + 0,096/0,050) + 1/(0,904/0,115 + 0,096/0,115) + 1/(0,904/5,714 + 0,096/1,538) + 1/(0,904/0,160 + 0,096/0,160) + 0,04 = 5,03 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 5,11 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 2 \%)$$

$$U = 1 / R_T = 0,196 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,196 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

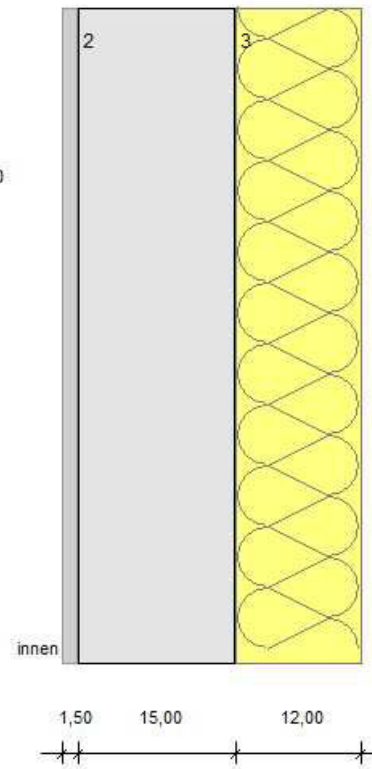
Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Gaubenwand massiv

Gaubenwand massiv
 $U = 0,22 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

von innen

- 1 Putzmörtel aus Kalkzement
- 2 MW aus Porenbeton-Plansteinen 550
- 3 Mineralwolle MW 035



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	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{Si}					0,130
01 Putzmörtel aus Kalkzement	1,50	1800	27,0	1,000	0,015
02 MW aus Porenbeton-Plansteinen 55	15,00	550	82,5	0,180	0,833
03 Mineralwolle MW 035	12,00	20	2,4	0,035	3,429
R_{Se}					0,040
	d = 28,50	G =	111,9	$R_T =$	4,45

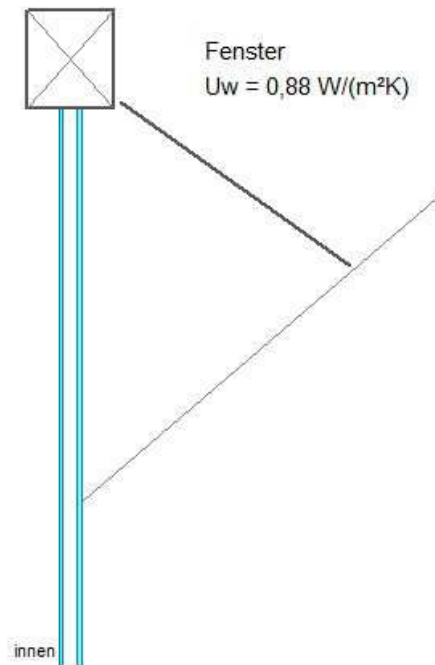
Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,225 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Sommerlicher Wärmeschutz

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Fenster



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

Isolierverglasung 4-12-4-12-4, Kryptonfüllung, beschichtet, $\epsilon \leq 0,1$, $U_g 0,6$

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
(Ref-No 1.5.5)

Einfachfenster, Tabellenwert $U_w = 0,88 (0,9) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, verbesserter Randverbund, 20%
Rahmenanteil, Tab. H.4
mit $U_g = 0,60$ und $U_f = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_w = 0,88 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2

Flächen aus Faltmodell "Differenzierung links EG "

mit der Nettogrundfläche $A_G = +36,14 - (0,51 \cdot 7,26 + 0,51 \cdot 4,97) = 29,90 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W \text{ [m}^2\text{]}$	$g \text{ [%]}$	F_C	$A_W \cdot g \cdot F_C$
1 F 1503 FF N-W 2	N-W 90°	12,12	50	0,25	1,51
12,1 m ²					1,51

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,25$ Verglasung $g > 0,4$ dreifach + Markise parallel zur Verglasung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil $= 12,12 / 29,90 = 0,41 \text{ (41\%)}$

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} \cdot g_i \cdot F_{C,i}) / A_G = 1,51 / 29,90 = \mathbf{0,051}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	A sommerkühl
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	schwer
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,025

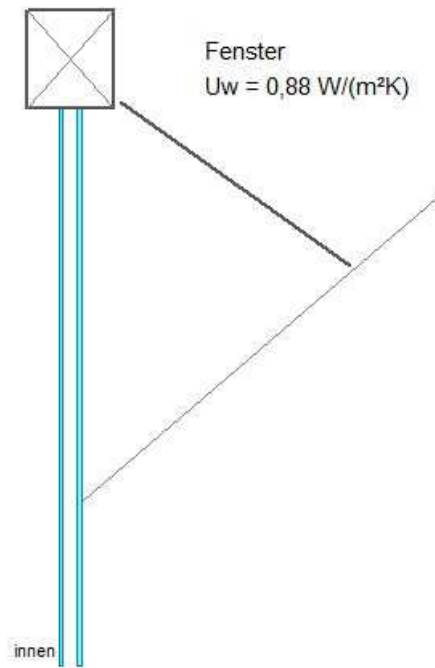
Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,017 ($f_{WG} = 0,41$)
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	+0,100
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,083

$S_{\text{vorh}} = 0,051 \leq 0,108 = S_{\text{zul}} (= 0,025 + 0,083)$ **Nachweis erbracht**

Sommerlicher Wärmeschutz

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Fenster



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

Isolierverglasung 4-12-4-12-4, Kryptonfüllung, beschichtet, $\epsilon \leq 0,1$, $U_g 0,6$

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 $U_W = 0,88 (0,9) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, verbesserter Randverbund, 20%

Rahmenanteil, Tab. H.4

mit $U_g = 0,60$ und $U_f = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_W = 0,88 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2

Flächen aus Faltmodell "Differenzierung links OG "
 mit der Nettogrundfläche $A_G = +36,14 - 6,24 = 29,90 \text{ m}^2$

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 F 1803 FF N-W 2	N-W 90°	12,12	50	0,25	1,51
12,1 m ²					1,51

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,25$ Verglasung $g > 0,4$ dreifach + Markise parallel zur Verglasung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil $= 12,12 / 29,90 = 0,41 \text{ (41\%)}$

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 1,51 / 29,90 = \mathbf{0,051}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	A sommerkühl
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	schwer
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,025

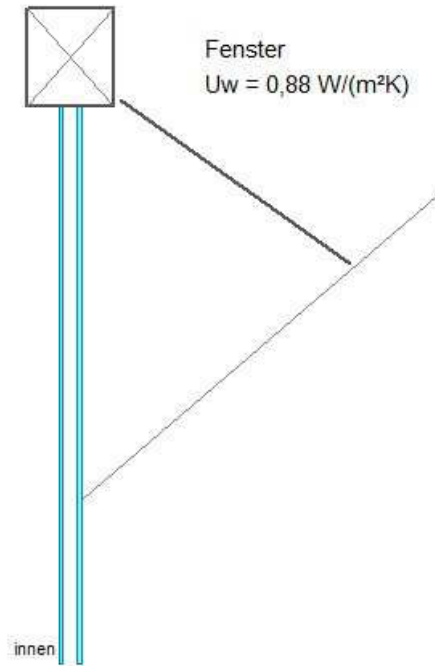
Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,017 ($f_{WG} = 0,41$)
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster $>60^\circ$	+0,100
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,083

$S_{\text{vorh}} = 0,051 \leq 0,108 = S_{\text{zul}} (= 0,025 + 0,083)$ **Nachweis erbracht**

Sommerlicher Wärmeschutz

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Fenster



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

Isolierverglasung 4-12-4-12-4, Kryptonfüllung, beschichtet, $\epsilon \leq 0,1$, $U_g 0,6$

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 $U_W = 0,88 (0,9) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, verbesserter Randverbund, 20%

Rahmenanteil, Tab. H.4

mit $U_g = 0,60$ und $U_f = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_W = 0,88 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2

Flächen aus Faltmodell "Differenzierung rechts OG "
mit der Nettogrundfläche $A_G = +37,13 - 6,32 = 30,81 \text{ m}^2$

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 F 1903 FF N-W 2	N-W 90°	7,33	50	0,25	0,92
7,3 m ²					0,92

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,25$ Verglasung $g > 0,4$ dreifach + Markise parallel zur Verglasung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $7,33 / 30,81 = 0,24$ (24%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 0,92 / 30,81 = \mathbf{0,030}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	A sommerkühl
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	schwer
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,025

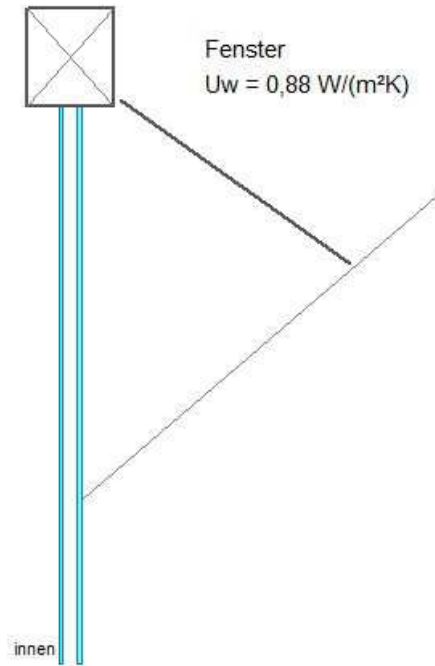
Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,002 ($f_{WG} = 0,24$)
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	+0,100
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,102

$S_{\text{vorh}} = 0,030 \leq 0,127 = S_{\text{zul}} (= 0,025 + 0,102)$ **Nachweis erbracht**

Sommerlicher Wärmeschutz

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Fenster



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

Isolierverglasung 4-12-4-12-4, Kryptonfüllung, beschichtet, $\epsilon \leq 0,1$, $U_g 0,6$

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 $U_w = 0,88 (0,9) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, verbesserter Randverbund, 20%

Rahmenanteil, Tab. H.4

mit $U_g = 0,60$ und $U_f = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_w = 0,88 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2

Flächen aus Faltmodell "Klasse 11 OG"
mit der Nettogrundfläche $A_G = +66,04 - 8,34 = 57,70 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W [\text{m}^2]$	$g [\%]$	F_C	$A_W * g * F_C$
1 F 1601 FF S-0 2	S-0 90°	12,12	50	0,25	1,51
12,1 m ²					1,51

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,25$ Verglasung $g > 0,4$ dreifach + Markise parallel zur Verglasung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $12,12 / 57,70 = 0,21$ (21%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 1,51 / 57,70 = \mathbf{0,026}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	A sommerkühl
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	schwer
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,025

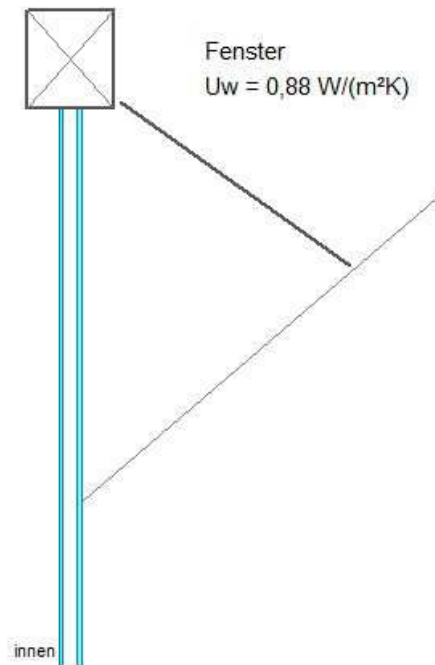
Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,006 ($f_{WG} = 0,21$)
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,006

$S_{\text{vorh}} = 0,026 \leq 0,031 = S_{\text{zul}} (= 0,025 + 0,006)$ **Nachweis erbracht**

Sommerlicher Wärmeschutz

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Fenster



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

Isolierverglasung 4-12-4-12-4, Kryptonfüllung, beschichtet, $\epsilon \leq 0,1$, $U_g 0,6$

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 $U_w = 0,88 (0,9) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, verbesserter Randverbund, 20%

Rahmenanteil, Tab. H.4

mit $U_g = 0,60$ und $U_f = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_w = 0,88 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2

Flächen aus Faltmodell "Klasse 4 + 5 EG "
 mit der Nettogrundfläche $A_G = +70,92 - (0,51 \cdot 6,67) = 67,52 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W [\text{m}^2]$	$g [\%]$	F_C	$A_W \cdot g \cdot F_C$
1 F 1403 FF N-W 2	N-W 90°	12,12	50	0,25	1,51
12,1 m ²					1,51

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,25$ Verglasung $g > 0,4$ dreifach + Markise parallel zur Verglasung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil $= 12,12 / 67,52 = 0,18$ (18%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} \cdot g_i \cdot F_{C,i}) / A_G = 1,51 / 67,52 = \mathbf{0,022}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	A sommerkühl
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	schwer
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,025

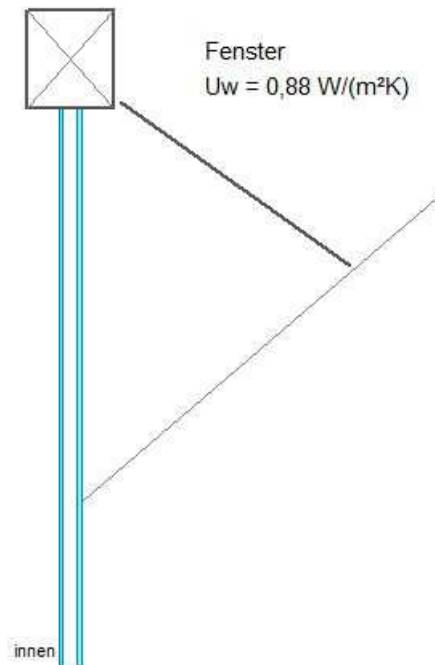
Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,009 ($f_{WG} = 0,18$)
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	+0,100
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,109

$S_{\text{vorh}} = 0,022 \leq 0,134 = S_{\text{zul}} (= 0,025 + 0,109)$ **Nachweis erbracht**

Sommerlicher Wärmeschutz

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Fenster



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

Isolierverglasung 4-12-4-12-4, Kryptonfüllung, beschichtet, $\epsilon \leq 0,1$, $U_g 0,6$

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 $U_W = 0,88 (0,9) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischiebenverglasung, verbesserter Randverbund, 20%

Rahmenanteil, Tab. H.4

mit $U_g = 0,60$ und $U_f = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_W = 0,88 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2

Flächen aus Faltmodell "Klasse 9 + 10 OG"
mit der Nettogrundfläche $A_G = +70,92 - 3,40 = 67,52 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W [\text{m}^2]$	$g [\%]$	F_C	$A_W * g * F_C$
1 F 1703 FF N-W 2	N-W 90°	12,12	50	0,25	1,51
12,1 m ²					1,51

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,25$ Verglasung $g > 0,4$ dreifach + Markise parallel zur Verglasung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil $= 12,12 / 67,52 = 0,18$ (18%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 1,51 / 67,52 = \mathbf{0,022}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	A sommerkühl
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	schwer
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,025

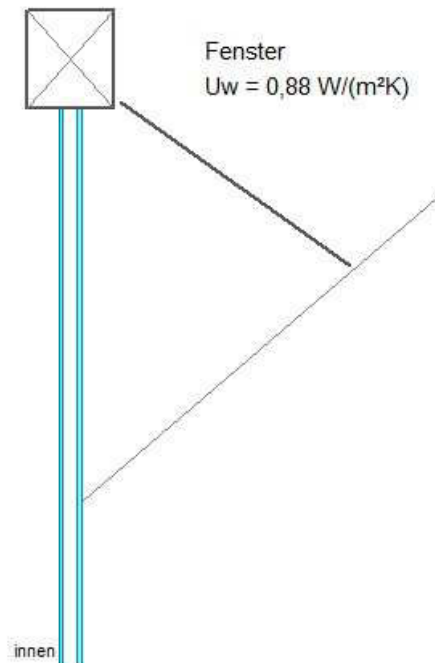
Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,009 ($f_{WG} = 0,18$)
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	+0,100
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,109

$S_{\text{vorh}} = 0,022 \leq 0,134 = S_{\text{zul}} (= 0,025 + 0,109)$ **Nachweis erbracht**

Sommerlicher Wärmeschutz

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Fenster



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

Isolierverglasung 4-12-4-12-4, Kryptonfüllung, beschichtet, $\epsilon \leq 0,1$, $U_g 0,6$

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 $U_w = 0,88 (0,9) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischiebenverglasung, verbesserter Randverbund, 20%

Rahmenanteil, Tab. H.4

mit $U_g = 0,60$ und $U_f = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$U_w = 0,88 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2

Flächen aus Faltmodell "Multiraum 2 EG "

mit der Nettogrundfläche $A_G = +66,04 - (0,51 \cdot 7,26 + 0,51 \cdot 9,09) = 57,70 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung		$A_W [\text{m}^2]$	$g [\%]$	F_C	$A_W \cdot g \cdot F_C$
1 F 1301 FF S-O	S-O	90°	12,12	40	0,30	1,45
2 F 1304 FF S-W	S-W	90°	3,94	40	0,30	0,47
3						
16,1 m ²						1,93

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,3$ Sonnenschutzglas $g \leq 0,4$ zweifach + Markise parallel zur Verglasung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $16,06 / 57,70 = 0,28$ (28%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} \cdot g_i \cdot F_{C,i}) / A_G = 1,93 / 57,70 = \mathbf{0,033}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	A sommerkühl
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	schwer
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,025

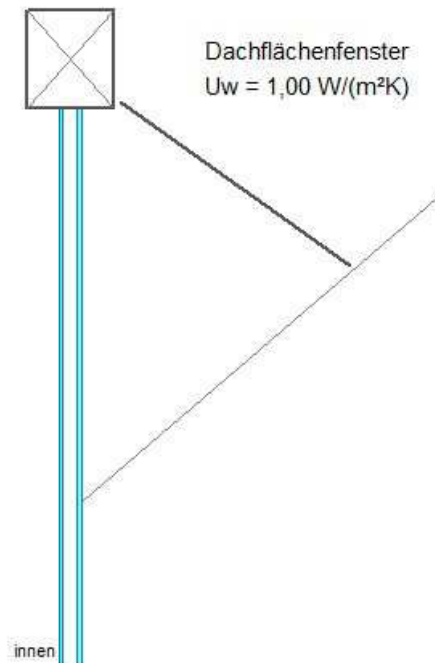
Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,002 ($f_{WG} = 0,28$)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,028

$S_{\text{vorh}} = 0,033 \leq 0,053 = S_{\text{zul}} (= 0,025 + 0,028)$ **Nachweis erbracht**

Sommerlicher Wärmeschutz

Projekt 26-054 Grundschule Intrup

Bauteil: Dachflächenfenster



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

Isolierverglasung 4-6-4-6-4, Xenonfüllung, beschichtet, $\varepsilon \leq 0,1$, U_g 0.8

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

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

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

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischiebenverglasung, verbesserter Randverbund, 20%

Rahmenanteil, Tab. H.4

mit $U_g = 0,80$ und $U_f = 1,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

$U_W = 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2

Flächen aus Faltmodell "Multiraum 3 - DG" "Gaupe"
mit der Nettogrundfläche $A_G = 140 = 140,00 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W [\text{m}^2]$	$g [\%]$	F_c	$A_W * g * F_c$
1 F 0300 FF S-W	S-W 90°	4,30	50	0,25	0,54
2 F 0304 FD N-W 27° 27°	N-W 27°	24,25	50	0,25	3,03
3 F 0400 FF S-O	S-O 90°	17,37	50	0,25	2,17
4					
45,9 m ²					5,74

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_c = 0,25$ Verglasung $g > 0,4$ dreifach + Markise parallel zur Verglasung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $45,92 / 140,00 = 0,33$ (33%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G = 5,74 / 140,00 = \mathbf{0,041}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	A sommerkühl
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	mittel
Nachtlüftung	erhöht, $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$
Sonneneintragskennwert S_1	+0,089

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,008 ($f_{WG} = 0,33$)
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,019
für nordorientierte Fenster $>60^\circ$	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	-0,026

$S_{\text{vorh}} = 0,041 \leq 0,063 = S_{\text{zul}} (= 0,089 - 0,026)$ **Nachweis erbracht**

Wärmebrückendarstellung (Beiblatt 2)

Bild 26 - Zweischalige Bauweise	7.3.3 Bodenplatte auf Erdreich / Zweischalige Bauweise / -																											
Streifenfundament Bodenplatte innengedämmt	gilt auch für Mauerwerk aus Material 4 ohne Wärmedämmstein																											
	Baustofftabelle: <table><tr><th>Nr.</th><th>Bezeichnung</th><th>Baustoff</th></tr><tr><td>1</td><td>Innenputz</td><td>11</td></tr><tr><td>2</td><td>Mauerwerk 5</td><td>5</td></tr><tr><td>3</td><td>Wärmedämmung</td><td>1</td></tr><tr><td>4</td><td>Verblender</td><td>15</td></tr><tr><td>5</td><td>Estrich</td><td>7</td></tr><tr><td>6</td><td>Wärmedämmung</td><td>1</td></tr><tr><td>7</td><td>Stahlbeton</td><td>6</td></tr><tr><td>8</td><td>Wärmedämmstein</td><td>14</td></tr></table>	Nr.	Bezeichnung	Baustoff	1	Innenputz	11	2	Mauerwerk 5	5	3	Wärmedämmung	1	4	Verblender	15	5	Estrich	7	6	Wärmedämmung	1	7	Stahlbeton	6	8	Wärmedämmstein	14
Nr.	Bezeichnung	Baustoff																										
1	Innenputz	11																										
2	Mauerwerk 5	5																										
3	Wärmedämmung	1																										
4	Verblender	15																										
5	Estrich	7																										
6	Wärmedämmung	1																										
7	Stahlbeton	6																										
8	Wärmedämmstein	14																										
Referenzwerte: $\Psi_{\text{ref,Ers}}$ 0,14 W/(m·K) Randbedingung: Randbedingung Nr.: 1	Kategorie: Kategorie: B																											

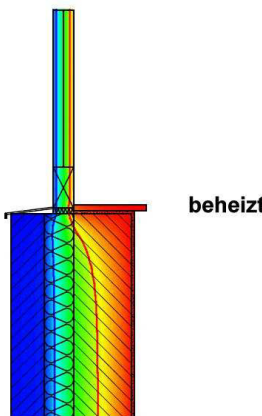
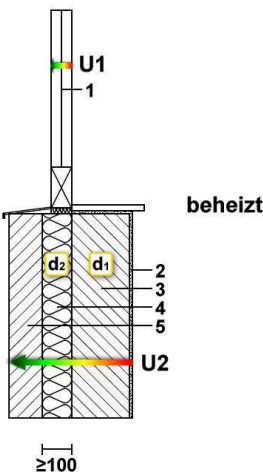
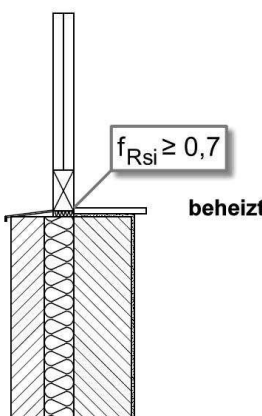
- Systemgrafik keine Ausführungsplanung -

Wärmebrückendarstellung (Beiblatt 2)

Bild 87 - Innenwand auf Bodenplatte	7.7.1 Innenwände / Innenwand auf Bodenplatte / beheiztes Geschoss																								
Streifenfundament Bodenplatte innengedämmt Innenwand massiv mit Wärmedämmstein	gilt auch für Innengedämmte Bodenplatte als Flachgründung mit Wärmedämmstein. Gilt auch für Mauerwerk aus Material 4 ohne Wärmedämmstein																								
	Baustofftabelle: <table><tr><th>Nr.</th><th>Bezeichnung</th><th>Baustoff</th></tr><tr><td>1</td><td>Innenputz</td><td>11</td></tr><tr><td>2</td><td>Mauerwerk 5</td><td>5</td></tr><tr><td>3</td><td>Innenputz</td><td>11</td></tr><tr><td>4</td><td>Estrich</td><td>7</td></tr><tr><td>5</td><td>Wärmedämmung</td><td>1</td></tr><tr><td>6</td><td>Stahlbeton</td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td>Wärmedämmstein</td><td>14</td></tr></table>	Nr.	Bezeichnung	Baustoff	1	Innenputz	11	2	Mauerwerk 5	5	3	Innenputz	11	4	Estrich	7	5	Wärmedämmung	1	6	Stahlbeton	6	7	Wärmedämmstein	14
Nr.	Bezeichnung	Baustoff																							
1	Innenputz	11																							
2	Mauerwerk 5	5																							
3	Innenputz	11																							
4	Estrich	7																							
5	Wärmedämmung	1																							
6	Stahlbeton	6																							
7	Wärmedämmstein	14																							
Referenzwerte: $\Psi_{\text{ref,Ers}}$ 0,19 W/(m·K) Randbedingung: Randbedingung Nr.: 8	Kategorie: Kategorie: B																								

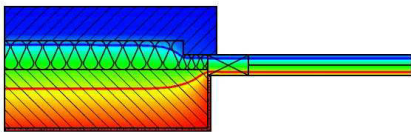
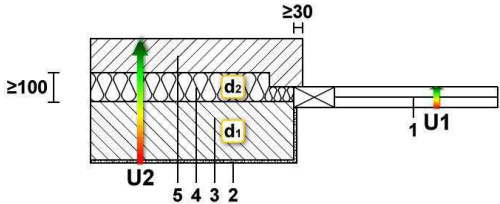
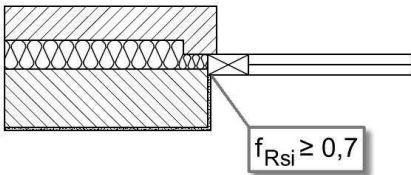
- Systemgrafik keine Ausführungsplanung -

Wärmebrückendarstellung (Beiblatt 2)

Bild 223 - Zweischalige Bauweise	7.13.3 Fensterbrüstung / Zweischalige Bauweise / -																		
Fensterbrüstung zweischalige Außenwand mit Verblendschale Blendrahmen in Dämmebene	Fensterlagen gilt für Blendrahmen vollständig in Dämmebene.																		
																			
	Baustofftabelle: <table><tr><th>Nr.</th><th>Bezeichnung</th><th>Baustoff</th></tr><tr><td>1</td><td>Fenster</td><td>0</td></tr><tr><td>2</td><td>Innenputz</td><td>11</td></tr><tr><td>3</td><td>Mauerwerk 4/5/6</td><td>4,5,6</td></tr><tr><td>4</td><td>Wärmedämmung</td><td>1</td></tr><tr><td>5</td><td>Verblender</td><td>15</td></tr></table>	Nr.	Bezeichnung	Baustoff	1	Fenster	0	2	Innenputz	11	3	Mauerwerk 4/5/6	4,5,6	4	Wärmedämmung	1	5	Verblender	15
Nr.	Bezeichnung	Baustoff																	
1	Fenster	0																	
2	Innenputz	11																	
3	Mauerwerk 4/5/6	4,5,6																	
4	Wärmedämmung	1																	
5	Verblender	15																	
Referenzwerte: <table><tr><td>$\Psi_{\text{ref,Ers}}$</td><td>0,05</td><td>W/(m·K)</td></tr><tr><td>$\Psi_{\text{ref,Det}}$</td><td>0,09</td><td>W/(m·K)</td></tr><tr><td>$\Psi_{\text{ref,Kor}}$</td><td>0,04</td><td>W/(m·K)</td></tr></table> Randbedingung: Randbedingung Nr.: 26	$\Psi_{\text{ref,Ers}}$	0,05	W/(m·K)	$\Psi_{\text{ref,Det}}$	0,09	W/(m·K)	$\Psi_{\text{ref,Kor}}$	0,04	W/(m·K)	Kategorie: Kategorie: B									
$\Psi_{\text{ref,Ers}}$	0,05	W/(m·K)																	
$\Psi_{\text{ref,Det}}$	0,09	W/(m·K)																	
$\Psi_{\text{ref,Kor}}$	0,04	W/(m·K)																	

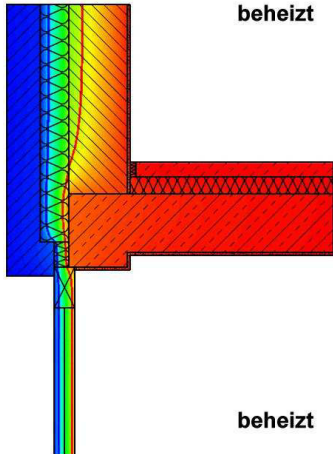
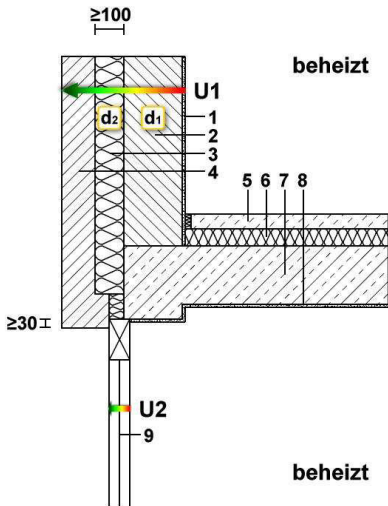
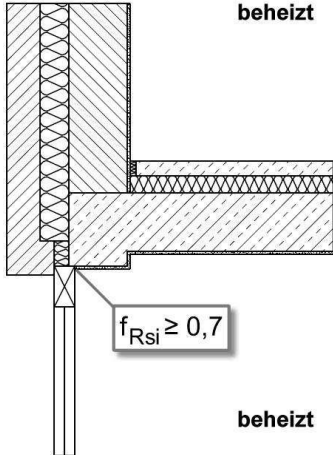
- Systemgrafik keine Ausführungsplanung -

Wärmebrückendarstellung (Beiblatt 2)

Bild 229 - Zweischalige Bauweise	7.14.3 Fensterlaibung / Zweischalige Bauweise / -																		
Fensterlaibung zweischalige Außenwand mit Verblendschale	Fensterlagen gilt für Blendrahmen vollständig in der Dämmebene, Überdämmung größer/gleich 3cm (inkl. 1 cm Fuge), gilt auch für Fenster mit Führungsschienen (direkt auf dem Blendrahmen befestigte, Führungsschienen dürfen die Außenkante des Blendrahmens nicht überschreiten).																		
 beheizt	 beheizt																		
 beheizt	Baustofftabelle: <table><tr><th>Nr.</th><th>Bezeichnung</th><th>Baustoff</th></tr><tr><td>1</td><td>Fenster</td><td>0</td></tr><tr><td>2</td><td>Innenputz</td><td>11</td></tr><tr><td>3</td><td>Mauerwerk 4/5/6</td><td>4,5,6</td></tr><tr><td>4</td><td>Wärmedämmung</td><td>1</td></tr><tr><td>5</td><td>Verblender</td><td>15</td></tr></table>	Nr.	Bezeichnung	Baustoff	1	Fenster	0	2	Innenputz	11	3	Mauerwerk 4/5/6	4,5,6	4	Wärmedämmung	1	5	Verblender	15
Nr.	Bezeichnung	Baustoff																	
1	Fenster	0																	
2	Innenputz	11																	
3	Mauerwerk 4/5/6	4,5,6																	
4	Wärmedämmung	1																	
5	Verblender	15																	
Referenzwerte: <table><tr><td>$\Psi_{\text{ref,Ers}}$</td><td>0,03</td><td>W/(m·K)</td></tr><tr><td>$\Psi_{\text{ref,Det}}$</td><td>0,06</td><td>W/(m·K)</td></tr><tr><td>$\Psi_{\text{ref,Kor}}$</td><td>0,03</td><td>W/(m·K)</td></tr></table> Randbedingung: Randbedingung Nr.: 27	$\Psi_{\text{ref,Ers}}$	0,03	W/(m·K)	$\Psi_{\text{ref,Det}}$	0,06	W/(m·K)	$\Psi_{\text{ref,Kor}}$	0,03	W/(m·K)	Kategorie: Kategorie: B									
$\Psi_{\text{ref,Ers}}$	0,03	W/(m·K)																	
$\Psi_{\text{ref,Det}}$	0,06	W/(m·K)																	
$\Psi_{\text{ref,Kor}}$	0,03	W/(m·K)																	

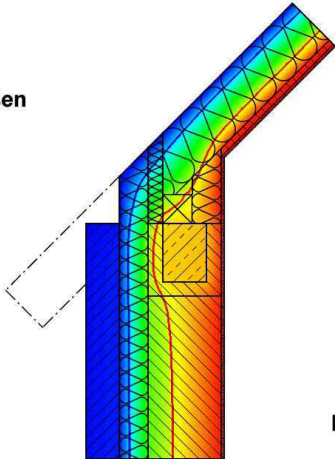
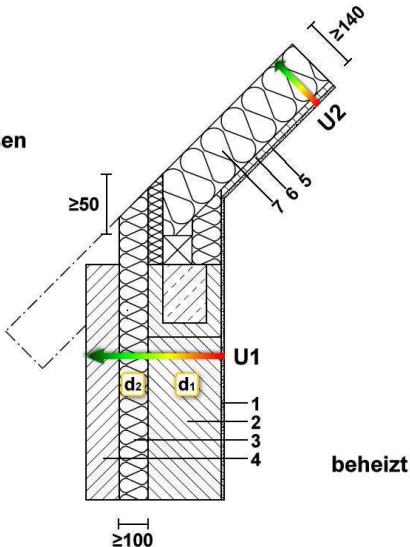
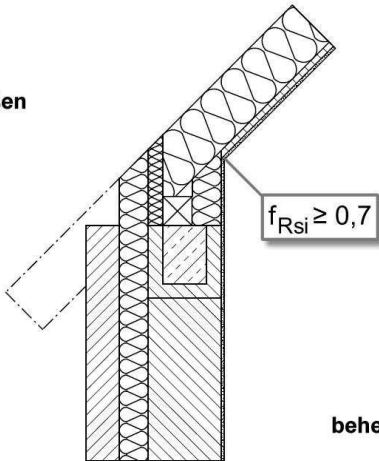
- Systemgrafik keine Ausführungsplanung -

Wärmebrückendarstellung (Beiblatt 2)

Bild 242 - Zweischalige Bauweise	7.15.3 Fenstersturz / Zweischalige Bauweise / -																														
Fenstersturz zweischalige Außenwand mit Verblendschale mit Geschossdeckeneinbindung	Fensterlagen gilt für Blendrahmen vollständig in Dämmebene.																														
																															
	Baustofftabelle: <table><tr><th>Nr.</th><th>Bezeichnung</th><th>Baustoff</th></tr><tr><td>1</td><td>Innenputz</td><td>11</td></tr><tr><td>2</td><td>Mauerwerk 4/5/6</td><td>4,5,6</td></tr><tr><td>3</td><td>Wärmedämmung</td><td>1</td></tr><tr><td>4</td><td>Verblender</td><td>15</td></tr><tr><td>5</td><td>Estrich</td><td>7</td></tr><tr><td>6</td><td>Wärmedämmung</td><td>1</td></tr><tr><td>7</td><td>Stahlbeton</td><td>6</td></tr><tr><td>8</td><td>Innenputz</td><td>11</td></tr><tr><td>9</td><td>Fenster</td><td>0</td></tr></table>	Nr.	Bezeichnung	Baustoff	1	Innenputz	11	2	Mauerwerk 4/5/6	4,5,6	3	Wärmedämmung	1	4	Verblender	15	5	Estrich	7	6	Wärmedämmung	1	7	Stahlbeton	6	8	Innenputz	11	9	Fenster	0
Nr.	Bezeichnung	Baustoff																													
1	Innenputz	11																													
2	Mauerwerk 4/5/6	4,5,6																													
3	Wärmedämmung	1																													
4	Verblender	15																													
5	Estrich	7																													
6	Wärmedämmung	1																													
7	Stahlbeton	6																													
8	Innenputz	11																													
9	Fenster	0																													
Referenzwerte: <table><tr><td>$\Psi_{\text{ref,Ers}}$</td><td>0,06</td><td>W/(m·K)</td></tr><tr><td>$\Psi_{\text{ref,Det}}$</td><td>0,08</td><td>W/(m·K)</td></tr><tr><td>$\Psi_{\text{ref,Kor}}$</td><td>0,02</td><td>W/(m·K)</td></tr></table> Randbedingung: Randbedingung Nr.: 28	$\Psi_{\text{ref,Ers}}$	0,06	W/(m·K)	$\Psi_{\text{ref,Det}}$	0,08	W/(m·K)	$\Psi_{\text{ref,Kor}}$	0,02	W/(m·K)	Kategorie: Kategorie: B																					
$\Psi_{\text{ref,Ers}}$	0,06	W/(m·K)																													
$\Psi_{\text{ref,Det}}$	0,08	W/(m·K)																													
$\Psi_{\text{ref,Kor}}$	0,02	W/(m·K)																													

- Systemgrafik keine Ausführungsplanung -

Wärmebrückendarstellung (Beiblatt 2)

Bild 347 - Zweischalige Bauweise	7.21.3 Pfettendach / Zweischalige Bauweise / beheizter Dachraum																								
Pfettendach, Steildach (Holz) beheizter Dachraum zweischalige Außenwand mit Verblendschale	-																								
Außen  beheizt	Außen  beheizt																								
Außen  beheizt	Baustofftabelle: <table><tr><th>Nr.</th><th>Bezeichnung</th><th>Baustoff</th></tr><tr><td>1</td><td>Innenputz</td><td>11</td></tr><tr><td>2</td><td>Mauerwerk 4/5/6</td><td>4,5,6</td></tr><tr><td>3</td><td>Wärmedämmung</td><td>1</td></tr><tr><td>4</td><td>Verblender</td><td>15</td></tr><tr><td>5</td><td>Innenputz</td><td>11</td></tr><tr><td>6</td><td>Holzwerkstoffplatte</td><td>9</td></tr><tr><td>7</td><td>Wärmedämmung</td><td>1</td></tr></table>	Nr.	Bezeichnung	Baustoff	1	Innenputz	11	2	Mauerwerk 4/5/6	4,5,6	3	Wärmedämmung	1	4	Verblender	15	5	Innenputz	11	6	Holzwerkstoffplatte	9	7	Wärmedämmung	1
Nr.	Bezeichnung	Baustoff																							
1	Innenputz	11																							
2	Mauerwerk 4/5/6	4,5,6																							
3	Wärmedämmung	1																							
4	Verblender	15																							
5	Innenputz	11																							
6	Holzwerkstoffplatte	9																							
7	Wärmedämmung	1																							
Referenzwerte: Ψ_{ref,Ers} -0,01 W/(m·K) Randbedingung: Randbedingung Nr.:37	Kategorie: Kategorie:B																								

- Systemgrafik keine Ausführungsplanung -

Gebäudeenergieberechnung

Energiebedarfsberechnung

Seite: 82

Auftragsnr.: 26-054

Aufgestellt:

Seiten: 1 bis 82

Greven, den 01.09.2026

LOPES & ALBERS Beratende Ingenieure PartG mbB

