

Gebäudeenergieberechnung

Energiebedarfsberechnung

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

Bauvorhaben: Erweiterung der Grundschule Stadtfeldmark
Poolweg 18
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: 24.06.2026

Auftragsnr.: 26-053

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

26-053 Grundschule Stadtfeldmark

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

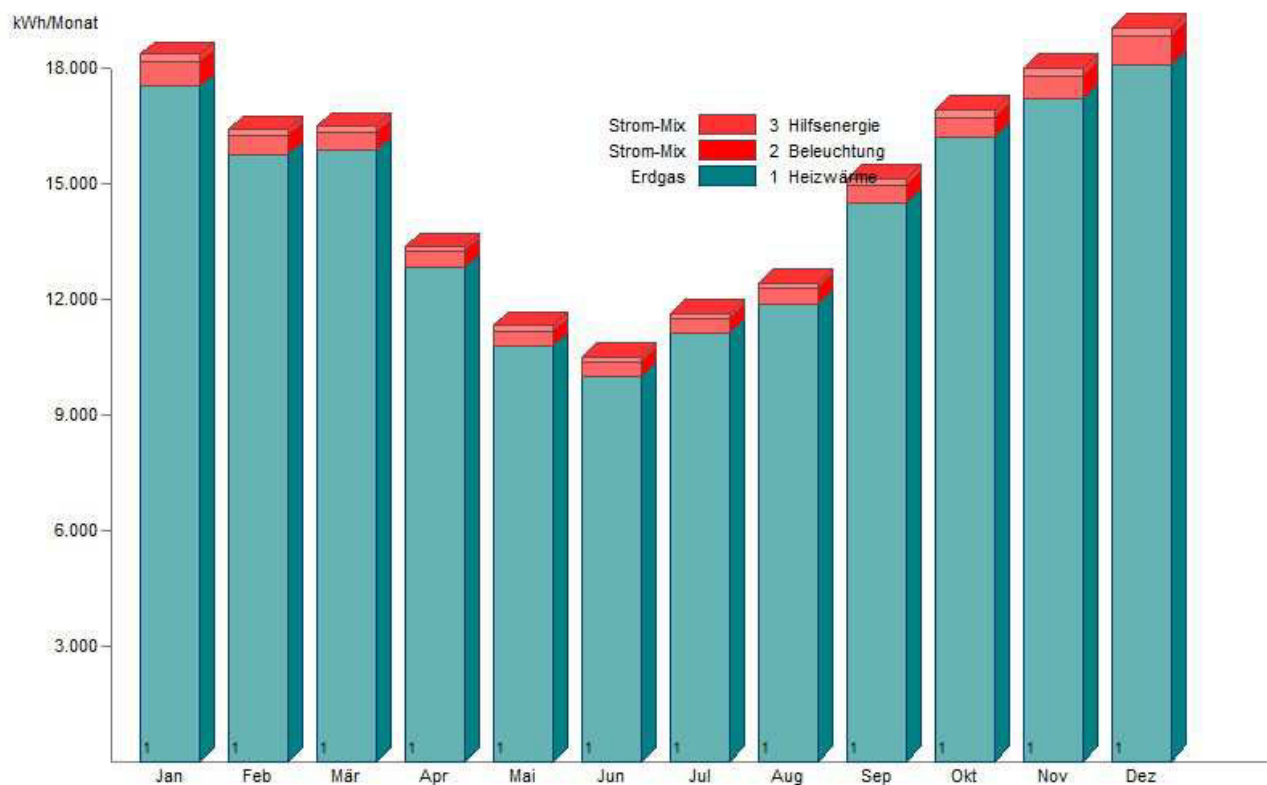
DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

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

Gebäudeberechnung "Gebäude 26-06-23-Referenz2020"

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

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	17,4	626	2017
<2> Lager, Technik	220 Lager, Techn	250	20,2	17,6	165	347
<3> Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	250	20,0	17,3	266	863
					1.056	3.227

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 1056,4 \text{ m}^2$, $n_G = 3$ 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
Klassenräume, Differenzi						
1 F 0101 FAW S-O	1:0	60,4	0,280	1,00 FAW	51 02	16,9
2 F 0102 FAW N-O	1:0	43,7	0,280	1,00 FAW	51 02	12,2
3 F 0103 FAW N-W	1:0	16,6	0,280	1,00 FAW	51 02	4,7
4 A 0101 FF S-O	1:0	47,0	1,300	1,00 FF	51 02	61,1
5 A 0102 FF N-O	1:0	4,4	1,300	1,00 FF	51 02	5,7
6 A 0103 FF N-W	1:0	11,8	1,300	1,00 FF	51 02	15,3
7 F 0100 FG	1:0	267,1	0,350	0,45 Ffb	51 19 25 14	42,1
Klassenräume, Differenzi						
8 F 0201 FAW S-O	1:0	60,4	0,280	1,00 FAW	51 02	16,9
9 F 0202 FAW N-O	1:0	43,7	0,280	1,00 FAW	51 02	12,2
10 F 0203 FAW N-W	1:0	16,6	0,280	1,00 FAW	51 02	4,7
11 A 0201 FF S-O	1:0	47,0	1,300	1,00 FF	51 02	61,1
12 A 0202 FF N-O	1:0	4,4	1,300	1,00 FF	51 02	5,7
13 A 0203 FF N-W	1:0	11,8	1,300	1,00 FF	51 02	15,3

Mehrzweckräume DG								
14 F 0303 FD N-W 27°	1:0	34,7	0,200	1,00	FD	51 02		6,9
15 F 0304 FD S-O 27°	1:0	45,3	0,200	1,00	FD	51 02		9,1
16 W 0304 DFF 27° S-O 2	1:0	9,7	1,400	1,00	FF	51 02 70		13,6
17 F 0300 FAW N-O	1:0	27,1	0,280	1,00	FAW	51 02		7,6
18 F 0302 FAW N-W	1:0	5,6	0,280	1,00	FAW	51 02		1,6
19 F 0306 FAW S-O	1:0	5,6	0,280	1,00	FAW	51 02		1,6
20 A 0300 FF N-O	1:0	3,8	1,300	1,00	FF	51 02		4,9
Gäube 1								
21 F 0403 FD	1:0	18,0	0,200	1,00	FD	51 02		3,6
22 F 0400 FAW N-W	1:0	5,7	0,280	1,00	FAW	51 02		1,6
23 F 0402 FAW S-W	1:0	4,9	0,280	1,00	FAW	51 02		1,4
24 F 0404 FAW N-O	1:0	4,9	0,280	1,00	FAW	51 02		1,4
25 A 0400 FF N-W	1:0	3,6	1,300	1,00	FF	51 02		4,7
Mehrzweckräume DG 2								
26 F 0503 FD N-W 27°	1:0	20,4	0,200	1,00	FD	51 02		4,1
27 F 0504 FD S-O 27°	1:0	39,8	0,200	1,00	FD	51 02		8,0
28 W 0504 DFF 27° S-O 2	1:0	9,7	1,400	1,00	FF	51 02 70		13,6
29 F 0506 FAW S-O	1:0	5,0	0,280	1,00	FAW	51 02		1,4
Technik DG 1								
30 F 0603 FD N-W 27°	2:0	86,2	0,200	1,00	FD	51 02		17,2
31 F 0604 FD S-O 27°	2:0	81,3	0,200	1,00	FD	51 02		16,3
32 A 0604 DFF 27° S-O 2	2:0	4,8	1,400	1,00	FF	51 02 70		6,8
33 F 0602 FAW N-W	2:0	8,8	0,280	1,00	FAW	51 02		2,5
34 F 0606 FAW S-O	2:0	8,8	0,280	1,00	FAW	51 02		2,5
Technik DG 2								
35 F 0703 FD S-O 27°	2:0	29,9	0,200	1,00	FD	51 02		6,0
36 F 0705 FAW S-O	2:0	3,9	0,280	1,00	FAW	51 02		1,1
Treppenhaus, Flure EG								
37 F 0807 FAW N-W	3:0	24,9	0,280	1,00	FAW	51 02		7,0
38 A 0807 FF N-W	3:0	26,0	1,300	1,00	FF	51 02		33,8
39 F 0800 FG	3:0	102,1	0,350	0,55	Ffb	51 19 26 14		19,7
Treppenhaus, Flure OG								
40 F 0907 FAW N-W	3:0	55,5	0,280	1,00	FAW	51 02		15,5
41 A 0907 FF N-W	3:0	23,5	1,300	1,00	FF	51 02		30,6
42 F 0900 FG	3:0	102,1	0,350	0,55	Ffb	51 19 27 14		19,7
Flure DG								
43 F 1003 FD	3:0	33,7	0,200	1,00	FD	51 02		6,7
44 F 1000 FAW N-O	3:0	6,6	0,280	1,00	FAW	51 02		1,8
45 F 1002 FAW N-W	3:0	24,1	0,280	1,00	FAW	51 02		6,8
46 F 1005 FAW S-W	3:0	6,6	0,280	1,00	FAW	51 02		1,8
47 A 1002 FF N-W	3:0	7,2	1,300	1,00	FF	51 02		9,3
Treppenhaus DG								
48 F 1103 FD N-W 27°	3:0	16,3	0,200	1,00	FD	51 02		3,3
49 F 1104 FD S-O 28°	3:0	11,3	0,200	1,00	FD	51 02		2,3
50 F 1102 FAW N-W	3:0	5,2	0,280	1,00	FAW	51 02		1,5
Gäube Treppenhaus DG								
51 F 1203 FD	3:0	30,5	0,200	1,00	FD	51 02		6,1
52 F 1200 FAW N-W	3:0	6,8	0,280	1,00	FAW	51 02		1,9
53 F 1202 FAW S-W	3:0	4,9	0,280	1,00	FAW	51 02		1,4
54 F 1204 FAW N-O	3:0	4,9	0,280	1,00	FAW	51 02		1,4
55 A 1200 FF N-W	3:0	9,0	1,300	1,00	FF	51 02		11,7

$\Sigma A [m^2] = 1.603,6$

$\Sigma H_T [W/K] = 593,1$

1. Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0,5 P) = 267,09 / 24,58 = 10,87 \text{ m}$
2. Bodenplattenmaß B' (26) = $9,68 = 9,68 \text{ m}$
3. Bodenplattenmaß B' (27) = $9,68 = 9,68 \text{ m}$

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

$H_{T,WB} = 80,2 \text{ W/K}$ (13,5 %, $0,050 \text{ W/(m}^2\text{K)}$), 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	361	42	0	403	0	0
<2> Lager, Technik	63	0	0	63	0	0
<3> Verkehrsflächen	168	39	0	207	0	0
	592	81		673		

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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_X \cdot H_{T,iu} + F_X \cdot H_{T,s}) / A = 673,3 / 1.603,6 = \mathbf{0,42 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

		opake Bauteile [W/(m ² K)]	Fenster [W/(m ² K)]	Vorhangf. [W/(m ² K)]	Oberl. [W/(m ² K)]
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 $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 3*1604 / 3227 = 1,49 \text{ (Gl.68)}$

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 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{h})$	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	-	1,31	10,00	3,10	0,09	0,95	-	-
<2> Lager, Technik	-	1,94	0,15	0,07	0,14	0,10	-	-
<3> Verkehrsfläche	-	1,74	0,00	0,00	0,12	0,10	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
<1> Klassenräume			0,00	0,00	0,09	0,10		
<2> Lager, Technik			0,00	0,00	0,14	0,10		
<3> Verkehrsflächen			0,00	0,00	0,12	0,10		

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom
 n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A * \text{ANGF} / V$ 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 /
 $\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) * n_{\text{inf}} - 0.1$ (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	$H_{V,z, \text{Jan}}$ W/K	$H_{V, \text{inf}}$ W/K	$H_{V, \text{win}}$ W/K	ΣH_V W/K	$H_{V, \text{mech}}$ W/K	$\vartheta_{\text{V, Jan}}$ $^{\circ}\text{C}$
<1> Klassenräume	2.017	0	63	651	714	0	
<2> Lager, Technik	347	0	16	12	28	0	
<3> Verkehrsflächen	863	0	36	29	65	0	
		0	114	692	807	0	
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...							
<1> Klassenräume		0	63	69	131		
<2> Lager, Technik		0	16	12	28		
<3> Verkehrsflächen		0	36	29	65		
		0	114	110	224		

$H_{V,z} = V * 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet
 H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = $n * V * c_{p,a} * \rho_a = n * V * 0.34 \text{ [W/K]}$
 $H_{V, \text{win, ohne RLT}} = f_{\text{win, seasonal}} * H_{V, \text{win}} = (0.04 * \theta_e + 0.8) * H_{V, \text{win}} \text{ [W/K]}$ (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	32,89	50/ 132	23/ 44 7100	8,9/ 45,6
5 A 0102 FF N-O	1	3,09	11/ 112	44/ 44 "	0,4/ 3,6
6 A 0103 FF N-W	1	8,22	11/ 95	44/ 44 "	0,9/ 8,2
11 A 0201 FF S-O	1	32,89	50/ 132	23/ 44 "	8,9/ 45,6
12 A 0202 FF N-O	1	3,09	11/ 112	44/ 44 "	0,4/ 3,6
13 A 0203 FF N-W	1	8,22	11/ 95	44/ 44 "	0,9/ 8,2
16 W 0304 DFF 27° S	1	6,79	46/ 212	27/ 44 "	2,0/ 15,1
20 A 0300 FF N-O	1	2,65	11/ 112	44/ 44 "	0,3/ 3,1
25 A 0400 FF N-W	1	2,52	11/ 95	44/ 44 "	0,3/ 2,5
28 W 0504 DFF 27° S	1	6,79	46/ 212	27/ 44 "	2,0/ 15,1
32 A 0604 DFF 27° S	2	3,39	46/ 212	27/ 44 "	1,0/ 7,6
38 A 0807 FF N-W	3	18,19	11/ 95	44/ 44 "	2,1/ 18,1
41 A 0907 FF N-W	3	16,45	11/ 95	44/ 44 "	1,9/ 16,4
47 A 1002 FF N-W	3	5,01	11/ 95	44/ 44 "	0,6/ 5,0
55 A 1200 FF N-W	3	6,29	11/ 95	44/ 44 "	0,7/ 6,3
156,50					31/ 204

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

7102: aus dem Bauteilbezug, Außenjalousie, 10°-Stellung, grau

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 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	60,4	0,28	0,50	4,50	132	0,7	
2	F	0102	FAW	N-O	NO	1	43,7	0,28	0,50	4,50	112	0,4	
3	F	0103	FAW	N-W	NW	1	16,6	0,28	0,50	4,50	95	0,1	
8	F	0201	FAW	S-O	SO	1	60,4	0,28	0,50	4,50	132	0,7	
9	F	0202	FAW	N-O	NO	1	43,7	0,28	0,50	4,50	112	0,4	
10	F	0203	FAW	N-W	NW	1	16,6	0,28	0,50	4,50	95	0,1	
14	F	0303	FD	N-W 2	NW	1	34,7	0,20	0,50	4,50	173	0,3	
15	F	0304	FD	S-O 2	SO	1	45,3	0,20	0,50	4,50	212	0,5	
17	F	0300	FAW	N-O	NO	1	27,1	0,28	0,50	4,50	112	0,2	
18	F	0302	FAW	N-W	NW	1	5,6	0,28	0,50	4,50	95	0,0	
19	F	0306	FAW	S-O	SO	1	5,6	0,28	0,50	4,50	132	0,1	
21	F	0403	FD	-	-	1	18,0	0,20	0,50	4,50	210	0,2	

22	F	0400	FAW	N-W	NW	1	5,7	0,28	0,50	4,50	95	0,0
23	F	0402	FAW	S-W	SW	1	4,9	0,28	0,50	4,50	120	0,0
24	F	0404	FAW	N-O	NO	1	4,9	0,28	0,50	4,50	112	0,0
26	F	0503	FD	N-W	2 NW	1	20,4	0,20	0,50	4,50	173	0,2
27	F	0504	FD	S-O	2 SO	1	39,8	0,20	0,50	4,50	212	0,5
29	F	0506	FAW	S-O	SO	1	5,0	0,28	0,50	4,50	132	0,1
30	F	0603	FD	N-W	2 NW	2	86,2	0,20	0,50	4,50	173	0,7
31	F	0604	FD	S-O	2 SO	2	81,3	0,20	0,50	4,50	212	1,0
33	F	0602	FAW	N-W	NW	2	8,8	0,28	0,50	4,50	95	0,1
34	F	0606	FAW	S-O	SO	2	8,8	0,28	0,50	4,50	132	0,1
35	F	0703	FD	S-O	2 SO	2	29,9	0,20	0,50	4,50	212	0,4
36	F	0705	FAW	S-O	SO	2	3,9	0,28	0,50	4,50	132	0,0
37	F	0807	FAW	N-W	NW	3	24,9	0,28	0,50	4,50	95	0,2
40	F	0907	FAW	N-W	NW	3	55,5	0,28	0,50	4,50	95	0,4
43	F	1003	FD		-	3	33,7	0,20	0,50	4,50	210	0,4
44	F	1000	FAW	N-O	NO	3	6,6	0,28	0,50	4,50	112	0,1
45	F	1002	FAW	N-W	NW	3	24,1	0,28	0,50	4,50	95	0,2
46	F	1005	FAW	S-W	SW	3	6,6	0,28	0,50	4,50	120	0,1
48	F	1103	FD	N-W	2 NW	3	16,3	0,20	0,50	4,50	173	0,1
49	F	1104	FD	S-O	2 SO	3	11,3	0,20	0,50	4,50	212	0,1
50	F	1102	FAW	N-W	NW	3	5,2	0,28	0,50	4,50	95	0,0
51	F	1203	FD		-	3	30,5	0,20	0,50	4,50	210	0,4
52	F	1200	FAW	N-W	NW	3	6,8	0,28	0,50	4,50	95	0,0
53	F	1202	FAW	S-W	SW	3	4,9	0,28	0,50	4,50	120	0,0
54	F	1204	FAW	N-O	NO	3	4,9	0,28	0,50	4,50	112	0,0

908,6

8,8

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

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	2.026	1.541	557	380	778	698	1.659	29.568
<2> Lager, Tec	98	70	25	16	32	32	78	1.450
<3> Verkehrsfl	738	419	188	105	164	243	568	9.078
über opake ...								
<1> Klassenräu	57	29	-	-	3	-	32	817
<2> Lager, Tec	22	6	-	-	0	-	10	376
<3> Verkehrsfl	15	2	-	-	-	-	4	313
	2.955	2.067	770	501	977	973	2.352	41.602

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	626	62,6	12,5	0,0	75,1
<2> Lager, Technik	165	-	-	0,0	0,0
<3> Verkehrsflächen	266	-	-	0,0	0,0
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> Klassenräume		-	-	0,0	0,0
<2> Lager, Technik		-	-	0,0	0,0
<3> 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	15,4	8,8	0,0	0,0
<2> Lager, Technik	0,0	0,8	2,3	0,0	0,0
<3> Verkehrsflächen	0,0	2,7	3,7	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} = ungerichtete Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme

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

Q_{I,rV} = ungerichtete 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	Σ H _{V,mech} W/K	Q _{sink} kWh/d	Q _{source} kWh/d	γ
<1> Klassenräume	403	714	0	531	129	0,243
<2> Lager, Technik	63	28	0	50	5	0,097
<3> Verkehrsflächen	207	65	0	136	13	0,093
Zone	C _{wirk} Wh/(m ² K)	H W/K	τ h	a -	η -	η _{WE}
<1> Klassenräume	50	1117	28,03	2,75	0,984	1,000
<2> Lager, Technik	50	91	90,30	6,64	1,000	1,000
<3> Verkehrsflächen	50	272	48,77	4,05	1,000	1,000

Σ H_T = H_{T,D} + H_{T,S} + H_{T,iu} = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten, H_{T,iu} 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

γ = Q_{source} / Q_{sink} = Verhältnis zwischen Wärmequellen und Wärmesenken

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

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

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

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

$\eta_{WE} = \text{Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb}$

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	20,2	20,2	20,3	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,3	20,2
$T_{i, 3}$	°C	20,0	20,1	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,2	20,0
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	17,4	17,5	18,0	18,9	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,4
$T_{i, 2}$	°C	17,6	17,7	18,2	19,0	19,8	20,3	20,7	20,6	19,9	19,0	18,1	17,6
$T_{i, 3}$	°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

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 $Q_I = 75,1 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

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}		0,792	0,927	0,980	0,987	0,984	0,984	0,963	0,775
$\eta_{\text{source, WE}}$		0,808	0,986	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	0,723
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	895	555	537	555	555	501	555	7.520
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.754
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.440	3.025	5.491	7.072	6.864	5.896	4.926	39.492
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	388	1.574	2.189	1.988	1.677	1.029	8.846
Q_T	kWh	1.706	3.026	4.303	5.289	5.262	4.539	4.289	35.487
Q_V	kWh	1.984	3.520	5.006	6.152	6.121	5.280	4.989	41.280
Q_S^*	kWh	1.664	1.498	551	378	774	691	1.653	17.038
Q_I^*	kWh	1.327	1.653	1.749	1.873	1.806	1.593	1.676	16.028

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

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

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

7.2 Zone <2> 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}		0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,964
$\eta_{source,WE}$		0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,863
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	110	144	141	146	146	132	146	1.408
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	6.190
$Q_{h,b,RE}$	kWh	245	535	798	979	959	824	740	5.718
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	27	138	205	196	160	105	831
Q_T	kWh	281	499	709	871	867	748	707	5.846
Q_V	kWh	123	218	310	381	379	327	309	2.557
Q_S^*	kWh	120	76	25	16	32	32	88	1.581
Q_I^*	kWh	82	90	92	97	95	85	88	949

7.3 Zone <3> 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}		0,950	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,859
$\eta_{source,WE}$		0,905	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,788
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	313	235	228	235	235	212	235	2.441
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	6.039
$Q_{h,b,RE}$	kWh	548	1.327	2.128	2.683	2.631	2.203	1.854	14.541
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	210	548	762	737	592	410	3.265
Q_T	kWh	908	1.610	2.289	2.814	2.800	2.415	2.282	18.879
Q_V	kWh	285	506	720	885	880	759	717	5.937
Q_S^*	kWh	704	420	188	105	164	243	571	6.634
Q_I^*	kWh	150	173	179	190	183	162	168	1.667

7.4 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	35.487	41.280	17.038	16.028	48.338	77,2
<2> Lager, Technik	5.846	2.557	1.581	949	6.549	39,7
<3> Verkehrsflächen	18.879	5.937	6.634	1.667	17.805	67,1
	60.212	49.773	25.253	18.643	72.693	68,8

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (12), mit Dachoberlichtern (3)

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	116,7	47,0	gut	91
2 A 0102 FAW N-O	N-O 1	300	16,9	4,4	gut	90
3 A 0103 FAW N-W	N-W 1	300	21,7	11,7	gut	96
4 A 0201 FAW S-O	S-O 1	300	116,7	47,0	gut	91
5 A 0202 FAW N-O	N-O 1	300	16,9	4,4	gut	90
6 A 0203 FAW N-W	N-W 1	300	21,7	11,7	gut	96
7 A 0300 FAW N-O	N-O 1	300	0,0	3,8	keine	37
9 A 0400 FAW N-W	N-W 1	300	0,0	3,6	keine	16
12 A 0807 FAW N-W	N-W 3	100	65,3	26,0	gut	95
13 A 0907 FAW N-W	N-W 3	100	65,3	23,5	gut	94
14 A 1002 FAW N-W	N-W 3	100	38,3	7,2	mittel	82
15 A 1200 FAW N-W	N-W 3	100	0,0	9,0	keine	35

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	ATL m ²	ARB m ²	Tageslicht	CTL %
8 W 0304 FD S-O 27°	1	300	149,1	9,7	gering	83
10 W 0504 FD S-O 27°	1	300	149,1	9,7	gering	83
11 A 0604 FD S-O 27°	2	100	74,5	4,9	gering	83

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	ATL [m ²]	AKTL [m ²]
<1> Klassenräume	626	609	17
<2> Lager, Technik	165	75	90
<3> Verkehrsflächen	266	169	97

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 Nutzenebene 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 = $c_{TL,Vers,SNA} \cdot (1 - t_{rel,TL,SA}) + c_{TL,Vers,SA} \cdot t_{rel,TL,SA}$ (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	91	73	44	36	30	26	23
2 A 0102 FAW N-O	1	90	70	46	39	33	29	27
3 A 0103 FAW N-W	1	96	73	40	32	25	21	18
4 A 0201 FAW S-O	1	91	73	44	36	30	26	23
5 A 0202 FAW N-O	1	90	70	46	39	33	29	27
6 A 0203 FAW N-W	1	96	73	40	32	25	21	18
7 A 0300 FAW N-O	1	37	65	79	76	74	73	72
8 W 0304 FD S-O 27°	1	83	65	60	50	43	37	34
9 A 0400 FAW N-W	1	16	65	91	90	89	88	88
10 W 0504 FD S-O 27°	1	83	65	60	50	43	37	34
11 A 0604 FD S-O 27°	2	83	50	69	62	56	52	49
12 A 0807 FAW N-W	3	95	60	51	45	40	36	34
13 A 0907 FAW N-W	3	94	60	52	45	40	37	35
14 A 1002 FAW N-W	3	82	55	62	56	52	50	48
15 A 1200 FAW N-W	3	35	50	85	83	81	80	80

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 _{1, b} kWh/m
1 A 0101 FAW S-O	1	300	1-1-2	9,3	0,88	41	1225	0	44
2 A 0102 FAW N-O	1	300	1-1-2	9,3	0,88	43	1225	0	7
3 A 0103 FAW N-W	1	300	1-1-2	9,3	0,88	38	1225	0	8
4 A 0201 FAW S-O	1	300	1-1-2	9,3	0,88	41	1225	0	44
5 A 0202 FAW N-O	1	300	1-1-2	9,3	0,88	43	1225	0	7
6 A 0203 FAW N-W	1	300	1-1-2	9,3	0,88	38	1225	0	8
7 A 0300 FAW N-O	1	300	1-1-2	9,3	0,88	74	1225	0	0
8 W 0304 FD S-O 27°	1	300	1-1-2	9,3	0,88	56	1225	0	78
9 A 0400 FAW N-W	1	300	1-1-2	9,3	0,88	85	1225	0	0
10 W 0504 FD S-O 27°	1	300	1-1-2	9,3	0,88	56	1225	0	78
11 A 0604 FD S-O 27°	2	100	1-1-2	7,2	0,07	10	175	14	6
12 A 0807 FAW N-W	3	100	1-1-2	5,3	0,24	27	610	50	11
13 A 0907 FAW N-W	3	100	1-1-2	5,3	0,24	27	610	50	11
14 A 1002 FAW N-W	3	100	1-1-2	5,3	0,24	32	610	50	7
15 A 1200 FAW N-W	3	100	1-1-2	5,3	0,24	44	610	50	0
16 A in <1> ohne TL	1	300	1-1-2	9,3	0,88	0	1225	0	17
17 A in <2> ohne TL	2	100	1-1-2	7,2	0,07	0	175	14	10
18 A in <3> ohne TL	3	100	1-1-2	5,3	0,24	0	610	50	28

364

1-1-2 (1): stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt / indirekt, A_{KL} = 1.055 m²

Präsenzmelder: Zonen 3/, 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	184	223	258	318	262	198	187	2.401
<2> Lager, Tec	15	16	16	17	17	15	16	186
<3> Verkehrsfl	51	55	56	62	57	49	52	627
	250	294	331	397	335	262	255	3.214

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)

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)

Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> Klassenräume	80	239	2,978	50,000	28,03	0,325
<2> Lager, Technik	7	10	1,592	50,000	90,30	0,617
<3> Verkehrsflächen	20	50	2,559	50,000	48,77	0,385

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ $Q_{C,b}$ (Raumklima)								
<1> Klassenräu	13	18	16	36	89	237	253	1.143
<2> Lager, Tec	-	-	-	-	-	-	-	-
<3> Verkehrsfl	-	-	-	-	4	11	16	45

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{C,b}$

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

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

11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung $Q_{c,max}$

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

Zone	$t_{c,op,d}$ h/d	$Q_{c,max, Juli}$ kW	$Q_{c,max, Sept}$ kW	techn. gekühlt
<1> Klassenräume	9	18,8	12,4	nein
<2> Lager, Technik	13	0,9	0,3	nein
<3> Verkehrsflächen	13	3,7	1,7	nein
		23,4	14,4	

$Q_{c,max} = 0,8 * (Q_{source} - Q_{sink}) * (1 + 0,3 * EXP(-\tau/120)) - c_{wirk}/60 * (\Delta\theta - 2) + c_{wirk}/40 * (12 / t_c - 1) (T2, C.1)$
mit $t_{c,op,d}$ = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und $\Delta\theta$ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

Für die Referenzberechnung werden in den Zonen nur 50% des Primärenergiebedarfs angerechnet (GEG A2)

Monat	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

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> Lager, Technik	nicht relevant			-
<3> Verkehrsflächen	nicht relevant			-

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

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

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

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

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m^3/h	$Q_{V, mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
<1> Klassenräume	12,9	11,4	0	0,0	24,3
<2> Lager, Technik	2,0	0,4	0	0,0	2,5
<3> Verkehrsflächen	6,6	1,0	0	0,0	7,7

$Q_{T,max}$ = 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

$V_{mech} = \eta_{mech,ZUL} * V$ = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

$Q_{V, mech} = 0,34 * V_{mech} * (\theta_{i,h,min} - \theta_V)$ = 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/	72.693	34,5	37,9

<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	2.233	5.513	10.677	13.891	13.375	11.351	9.065	72.693

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> Lager, Technik		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Monat									
$t_h <2>$	h/m	493	744	720	744	744	672	744	6.190
$t_{h,rL,d} <2>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <2>$	d/m	14	23	24	26	26	23	25	203
$t_{h,rL} <2>$	h/m	185	308	389	462	460	400	391	3.121

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = 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) (12,0%)

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	2.233	5.513	10.677	13.891	13.375	11.351	9.065	72.693
$Q_{h,ce}$	kWh	626	900	1.186	1.298	1.256	1.116	1.044	8.711
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	2.859	6.413	11.864	15.188	14.631	12.467	10.109	81.404

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 $A_{Nutz,Heizbereich} = 1054,8 \text{ m}^2$, Geschosshöhe

i.M. = 3,74 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 = 21 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	91,9 m	18,3 m	179,3 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)									
$\beta_{h,d}$		0,17	0,25	0,48	0,59	0,57	0,54	0,39	
$\theta_{VL,av}$	°C	29,6	32,7	40,3	43,7	43,1	42,1	37,6	
$\theta_{RL,av}$	°C	27,1	29,3	34,6	37,1	36,6	35,9	32,7	
$Q_{h,d}$	kWh	130	272	516	708	688	574	458	3.678
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{l,h,d}$	kWh	78	170	341	475	460	383	299	2.432

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 4,5 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 3,0 \%$

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	2.989	6.685	12.380	15.896	15.319	13.042	10.567	85.081

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

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 ($A_{NGF} = 1.056 \text{ m}^2$)

Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 37,9 \text{ kW}$ (Erdgas)

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

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

Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,956$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,046$ (Teillast)

Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0093 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle

Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 3,55 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 0,86 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,23 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)

elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,258 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,086 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

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

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

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

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

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

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

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	2.989	6.685	12.380	15.896	15.319	13.042	10.567	85.081
$\beta_{h,1}$		0,43	0,57	0,84	0,91	0,88	0,86	0,71	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	183	466	1.076	1.496	1.418	1.180	852	7.205
$Q_{h,f}$	kWh	3.172	7.150	13.455	17.392	16.736	14.222	11.419	92.286
$W_{h,gen}$	kWh	30	54	90	113	109	93	79	674

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	3.172	7.150	13.455	17.392	16.736	14.222	11.419	92.286
W_h	kWh	30	54	90	113	109	93	79	674
Erdgas	kWh	3.172	7.150	13.455	17.392	16.736	14.222	11.419	92.286
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	1,5	3,3	6,8	9,1	8,8	8,1	5,7	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,4	0,9	1,8	2,4	2,3	2,1	1,5	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,7	1,4	2,9	3,8	3,7	3,4	2,4	

$Q_{h,f}$ = 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
Erdgas	Heizwärme	1/2/3/	92.286	1,10	1,11	91.454
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/	3.214	1,80	1,00	5.786
Strom-Mix	Hilfsenergie		674	1,80	1,00	1.213
Σ [kWh/Jahr]			96.174			98.453

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 98.453 / 1.056 = 93,2$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.056$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 96.174 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = 83140,2+3214,3+673,9 = 87028 kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 0,6 kWh/(m²a), Erdgas 87,4 kWh/(m²a), Strom-Mix 3,0 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/(m²a)
Erdgas	83.140	240	19.954	
Strom-Mix	3.214	560	1.800	
Strom-Mix	674	560	377	
Σ			22.131	20,9

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	626	-	2.401	-	-	61.373	63.774
<2> Lager, Techni	165	-	186	-	-	8.316	8.502
<3> Verkehrsfläch	266	-	627	-	-	22.603	23.231
Gebäude	1.056	-	3.214	-	-	92.284	95.498

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	3,0	0,0	0,0	68,8	71,9
Endenergiebedarf	0,0	3,0	0,0	0,0	88,0	91,0
Primärenergiebedarf	0,0	5,5	0,0	0,0	87,7	93,2

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

15.0 Primärenergie-Referenzwert

vorh $q_p = 93,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Energetische Bewertung von Gebäuden

26-053 Grundschule Stadtfeldmark

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

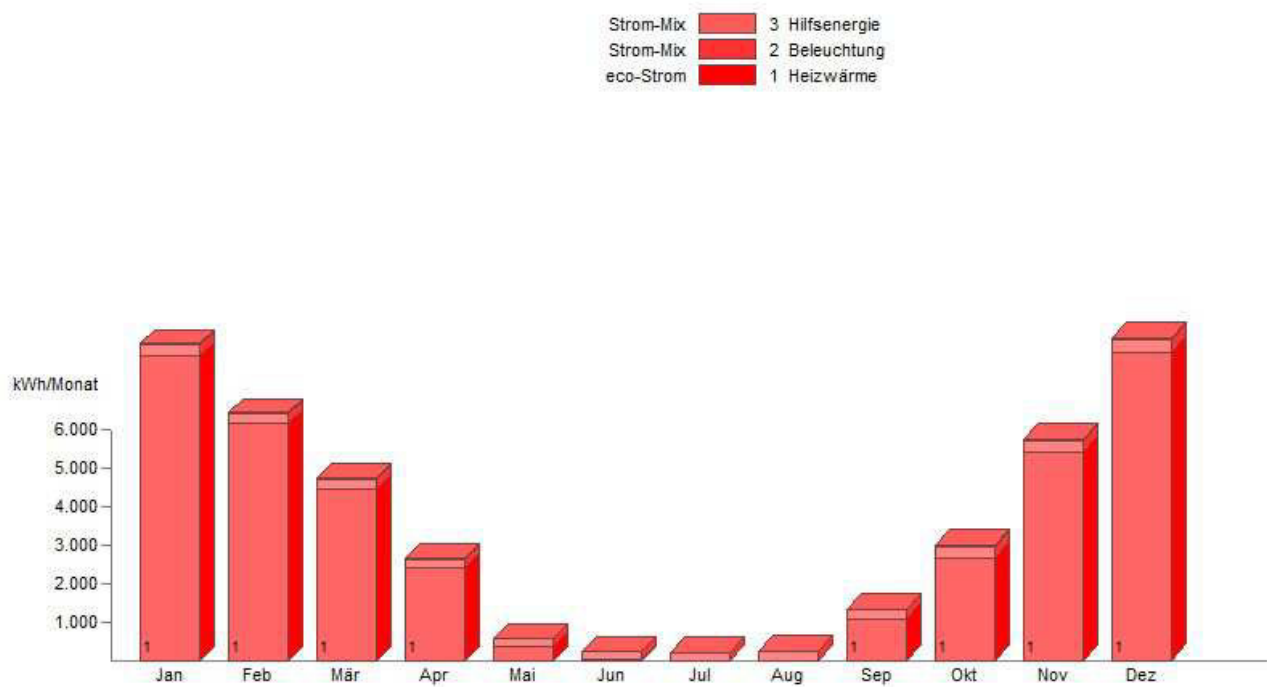
DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

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

Gebäudeberechnung "Gebäude 26-06-23"

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 26-06-23-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	$\vartheta_{i, \text{WE}}$ °C	ANGF m ²	V_i m ³
<1> Klassenräume	208 Klassenzimme	200	19,6	17,5	626	2017
<2> Lager, Technik	220 Lager, Techn	250	20,2	17,7	165	347
<3> Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	250	20,1	17,4	266	863
					1.056	3.227

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 1056,4 \text{ m}^2$, $n_G = 3$ 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
Klassenräume, Differenzi						
1 F 0101 FAW S-O	1:0	60,4	0,170	1,00 FAW	02 51	10,3
2 F 0102 FAW N-O	1:0	43,7	0,170	1,00 FAW	02 51	7,4
3 F 0103 FAW N-W	1:0	16,6	0,170	1,00 FAW	02 51	2,8
4 A 0101 FF S-O	1:0	47,0	0,880	1,00 FF	51 02	41,4
5 A 0102 FF N-O	1:0	4,4	0,880	1,00 FF	51 02	3,9
6 A 0103 FF N-W	1:0	11,8	0,880	1,00 FF	51 02	10,3
7 F 0100 FG	1:0	267,1	0,265	0,60 Ffb	51 19 25 14	42,5
Klassenräume, Differenzi						
8 F 0201 FAW S-O	1:0	60,4	0,170	1,00 FAW	02 51	10,3
9 F 0202 FAW N-O	1:0	43,7	0,170	1,00 FAW	02 51	7,4
10 F 0203 FAW N-W	1:0	16,6	0,170	1,00 FAW	02 51	2,8
11 A 0201 FF S-O	1:0	47,0	0,880	1,00 FF	51 02	41,4
12 A 0202 FF N-O	1:0	4,4	0,880	1,00 FF	51 02	3,9
13 A 0203 FF N-W	1:0	11,8	0,880	1,00 FF	51 02	10,3

Mehrzweckräume DG								
14 F 0303 FD N-W 27°	1:0	34,7	0,159	1,00	FD	02 51		5,5
15 F 0304 FD S-O 27°	1:0	45,3	0,159	1,00	FD	02 51		7,2
16 W 0304 DFF 27° S-O 2	1:0	9,7	1,000	1,00	FF	51 02 70		9,7
17 F 0300 FAW N-O	1:0	27,1	0,170	1,00	FAW	02 51		4,6
18 F 0302 FAW N-W	1:0	5,6	0,170	1,00	FAW	02 51		1,0
19 F 0306 FAW S-O	1:0	5,6	0,170	1,00	FAW	02 51		1,0
20 A 0300 FF N-O	1:0	3,8	0,880	1,00	FF	51 02		3,3
Gaube 1								
21 F 0403 FD	1:0	18,0	0,123	1,00	FD	02 51		2,2
22 F 0400 FAW N-W	1:0	5,7	0,196	1,00	FAW	02 51		1,1
23 F 0402 FAW S-W	1:0	4,9	0,196	1,00	FAW	02 51		1,0
24 F 0404 FAW N-O	1:0	4,9	0,196	1,00	FAW	02 51		1,0
25 A 0400 FF N-W	1:0	3,6	0,880	1,00	FF	51 02		3,2
Mehrzweckräume DG 2								
26 F 0503 FD N-W 27°	1:0	20,4	0,159	1,00	FD	02 51		3,2
27 F 0504 FD S-O 27°	1:0	39,8	0,159	1,00	FD	02 51		6,3
28 W 0504 DFF 27° S-O 2	1:0	9,7	1,000	1,00	FF	51 02 70		9,7
29 F 0506 FAW S-O	1:0	5,0	0,170	1,00	FAW	02 51		0,9
Technik DG 1								
30 F 0603 FD N-W 27°	2:0	86,2	0,159	1,00	FD	02 51		13,7
31 F 0604 FD S-O 27°	2:0	81,3	0,159	1,00	FD	02 51		12,9
32 A 0604 DFF 27° S-O 2	2:0	4,8	1,000	1,00	FF	51 02 70		4,8
33 F 0602 FAW N-W	2:0	8,8	0,170	1,00	FAW	02 51		1,5
34 F 0606 FAW S-O	2:0	8,8	0,170	1,00	FAW	02 51		1,5
Technik DG 2								
35 F 0703 FD S-O 27°	2:0	29,9	0,159	1,00	FD	02 51		4,8
36 F 0705 FAW S-O	2:0	3,9	0,170	1,00	FAW	02 51		0,7
Treppenhaus, Flure EG								
37 F 0807 FAW N-W	3:0	24,9	0,170	1,00	FAW	02 51		4,2
38 A 0807 FF N-W	3:0	26,0	0,880	1,00	FF	51 02		22,9
39 F 0800 FG	3:0	102,1	0,265	0,65	Ffb	51 19 26 14		17,6
Treppenhaus, Flure OG								
40 F 0907 FAW N-W	3:0	55,5	0,170	1,00	FAW	02 51		9,4
41 A 0907 FF N-W	3:0	23,5	0,880	1,00	FF	51 02		20,7
42 F 0900 FG	3:0	102,1	0,265	0,65	Ffb	51 19 27 14		17,6
Flure DG								
43 F 1003 FD	3:0	33,7	0,123	1,00	FD	02 51		4,1
44 F 1000 FAW N-O	3:0	6,6	0,196	1,00	FAW	02 51		1,3
45 F 1002 FAW N-W	3:0	24,1	0,196	1,00	FAW	02 51		4,7
46 F 1005 FAW S-W	3:0	6,6	0,196	1,00	FAW	02 51		1,3
47 A 1002 FF N-W	3:0	7,2	0,880	1,00	FF	51 02		6,3
Treppenhaus DG								
48 F 1103 FD N-W 27°	3:0	16,3	0,159	1,00	FD	02 51		2,6
49 F 1104 FD S-O 28°	3:0	11,3	0,159	1,00	FD	02 51		1,8
50 F 1102 FAW N-W	3:0	5,2	0,225	1,00	FAW	02 51		1,2
Gaube Treppenhaus DG								
51 F 1203 FD	3:0	30,5	0,168	1,00	FD	02 51		5,1
52 F 1200 FAW N-W	3:0	6,8	0,225	1,00	FAW	02 51		1,5
53 F 1202 FAW S-W	3:0	4,9	0,225	1,00	FAW	02 51		1,1
54 F 1204 FAW N-O	3:0	4,9	0,225	1,00	FAW	02 51		1,1
55 A 1200 FF N-W	3:0	9,0	0,880	1,00	FF	51 02		7,9

$\Sigma A [m^2] = 1.603,6$

$\Sigma H_T [W/K] = 427,8$

1. Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 267,09 / 24,58 = 10,87 \text{ m}$
2. Bodenplattenmaß B' (26) = 9,68 = 9,68 m
3. Bodenplattenmaß B' (27) = 9,68 = 9,68 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

$H_{T,WB} = 80,2 \text{ W/K}$ (18,7 %, $0,050 \text{ W/(m}^2\text{K)}$), 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	257	42	0	299	0	0
<2> Lager, Technik	51	0	0	51	0	0
<3> Verkehrsflächen	122	35	0	158	0	0
	430	78		508		

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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_X \cdot H_{T,iu} + F_X \cdot H_{T,s}) / A = 508,0 / 1.603,6 = \mathbf{0,32 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

		opake Bauteile [W/(m ² K)]	Fenster [W/(m ² K)]	Vorhangf. [W/(m ² K)]	Oberl. [W/(m ² K)]
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		1,00

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 $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 3*1604 / 3227 = 1,49 \text{ (Gl.68)}$

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	-	1,31	10,00	3,10	0,09	0,95	-	-
<2> Lager, Technik	-	1,94	0,15	0,07	0,14	0,10	-	-
<3> Verkehrsfläche	-	1,74	0,00	0,00	0,12	0,10	-	-
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...								
<1> Klassenräume			0,00	0,00	0,09	0,10		
<2> Lager, Technik			0,00	0,00	0,14	0,10		
<3> Verkehrsflächen			0,00	0,00	0,12	0,10		

n_{50} = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom
 n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = $V_A * \text{ANGF} / V$ 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 /
 $\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) * n_{\text{inf}} - 0.1$ (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	$H_{V,z,\text{Jan}}$ W/K	$H_{V,\text{inf}}$ W/K	$H_{V,\text{win}}$ W/K	ΣH_V W/K	$H_{V,\text{mech}}$ W/K	$\vartheta_{\text{V,Jan}}$ °C
<1> Klassenräume	2.017	0	63	651	714	0	
<2> Lager, Technik	347	0	16	12	28	0	
<3> Verkehrsflächen	863	0	36	29	65	0	
		0	114	692	807	0	
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...							
<1> Klassenräume		0	63	69	131		
<2> Lager, Technik		0	16	12	28		
<3> Verkehrsflächen		0	36	29	65		
		0	114	110	224		

$H_{V,z} = V * 0.34 \text{ [W/K]}$ = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet
 H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = $n * V * c_{p,a} * \rho_a = n * V * 0.34 \text{ [W/K]}$
 $H_{V,\text{win,ohne RLT}} = f_{\text{win,seasonal}} * H_{V,\text{win}} = (0.04 * \theta_e + 0.8) * H_{V,\text{win}} \text{ [W/K]}$ (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	32,89	50/ 132	21/ 44 7100	8,1/ 45,6
5 A 0102 FF N-O	1	3,09	11/ 112	44/ 44 "	0,4/ 3,6
6 A 0103 FF N-W	1	8,22	11/ 95	44/ 44 "	0,9/ 8,2
11 A 0201 FF S-O	1	32,89	50/ 132	21/ 44 "	8,1/ 45,6
12 A 0202 FF N-O	1	3,09	11/ 112	44/ 44 "	0,4/ 3,6
13 A 0203 FF N-W	1	8,22	11/ 95	44/ 44 "	0,9/ 8,2
16 W 0304 DFF 27° S	1	6,79	46/ 212	25/ 44 "	1,9/ 15,1
20 A 0300 FF N-O	1	2,65	11/ 112	44/ 44 "	0,3/ 3,1
25 A 0400 FF N-W	1	2,52	11/ 95	44/ 44 "	0,3/ 2,5
28 W 0504 DFF 27° S	1	6,79	46/ 212	25/ 44 "	1,9/ 15,1
32 A 0604 DFF 27° S	2	3,39	46/ 212	25/ 44 "	1,0/ 7,6
38 A 0807 FF N-W	3	18,19	11/ 95	44/ 44 "	2,1/ 18,1
41 A 0907 FF N-W	3	16,45	11/ 95	44/ 44 "	1,9/ 16,4
47 A 1002 FF N-W	3	5,01	11/ 95	44/ 44 "	0,6/ 5,0
55 A 1200 FF N-W	3	6,29	11/ 95	44/ 44 "	0,7/ 6,3
156,50					30/ 204

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

7102: aus dem Bauteilbezug, Außenjalousie, 10°-Stellung, grau

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 $p_{e,B}$ 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	U	α	h_r	$I_{S, Jul}$	$Q_{S, Jul}$
				m ²	W/(m ² K)		W/(m ² K)	W/m ²	kWh/d
1	F 0101 FAW S-O	SO	1	60,4	0,17	0,50	4,50	132	0,4
2	F 0102 FAW N-O	NO	1	43,7	0,17	0,50	4,50	112	0,2
3	F 0103 FAW N-W	NW	1	16,6	0,17	0,50	4,50	95	0,1
8	F 0201 FAW S-O	SO	1	60,4	0,17	0,50	4,50	132	0,4
9	F 0202 FAW N-O	NO	1	43,7	0,17	0,50	4,50	112	0,2
10	F 0203 FAW N-W	NW	1	16,6	0,17	0,50	4,50	95	0,1
14	F 0303 FD N-W 2	NW	1	34,7	0,16	0,50	4,50	173	0,2
15	F 0304 FD S-O 2	SO	1	45,3	0,16	0,50	4,50	212	0,4
17	F 0300 FAW N-O	NO	1	27,1	0,17	0,50	4,50	112	0,1
18	F 0302 FAW N-W	NW	1	5,6	0,17	0,50	4,50	95	0,0
19	F 0306 FAW S-O	SO	1	5,6	0,17	0,50	4,50	132	0,0
21	F 0403 FD	-	1	18,0	0,12	0,50	4,50	210	0,1

22	F	0400	FAW	N-W	NW	1	5,7	0,20	0,50	4,50	95	0,0
23	F	0402	FAW	S-W	SW	1	4,9	0,20	0,50	4,50	120	0,0
24	F	0404	FAW	N-O	NO	1	4,9	0,20	0,50	4,50	112	0,0
26	F	0503	FD	N-W	2 NW	1	20,4	0,16	0,50	4,50	173	0,1
27	F	0504	FD	S-O	2 SO	1	39,8	0,16	0,50	4,50	212	0,4
29	F	0506	FAW	S-O	SO	1	5,0	0,17	0,50	4,50	132	0,0
30	F	0603	FD	N-W	2 NW	2	86,2	0,16	0,50	4,50	173	0,5
31	F	0604	FD	S-O	2 SO	2	81,3	0,16	0,50	4,50	212	0,8
33	F	0602	FAW	N-W	NW	2	8,8	0,17	0,50	4,50	95	0,0
34	F	0606	FAW	S-O	SO	2	8,8	0,17	0,50	4,50	132	0,1
35	F	0703	FD	S-O	2 SO	2	29,9	0,16	0,50	4,50	212	0,3
36	F	0705	FAW	S-O	SO	2	3,9	0,17	0,50	4,50	132	0,0
37	F	0807	FAW	N-W	NW	3	24,9	0,17	0,50	4,50	95	0,1
40	F	0907	FAW	N-W	NW	3	55,5	0,17	0,50	4,50	95	0,2
43	F	1003	FD	-	-	3	33,7	0,12	0,50	4,50	210	0,2
44	F	1000	FAW	N-O	NO	3	6,6	0,20	0,50	4,50	112	0,0
45	F	1002	FAW	N-W	NW	3	24,1	0,20	0,50	4,50	95	0,1
46	F	1005	FAW	S-W	SW	3	6,6	0,20	0,50	4,50	120	0,0
48	F	1103	FD	N-W	2 NW	3	16,3	0,16	0,50	4,50	173	0,1
49	F	1104	FD	S-O	2 SO	3	11,3	0,16	0,50	4,50	212	0,1
50	F	1102	FAW	N-W	NW	3	5,2	0,22	0,50	4,50	95	0,0
51	F	1203	FD	-	-	3	30,5	0,17	0,50	4,50	210	0,3
52	F	1200	FAW	N-W	NW	3	6,8	0,22	0,50	4,50	95	0,0
53	F	1202	FAW	S-W	SW	3	4,9	0,22	0,50	4,50	120	0,0
54	F	1204	FAW	N-O	NO	3	4,9	0,22	0,50	4,50	112	0,0

908,6

6,2

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

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	1.894	1.433	519	354	720	652	1.550	28.862
<2> Lager, Tec	91	65	24	15	30	30	73	1.419
<3> Verkehrsfl	738	419	188	105	164	243	568	9.078
über opake ...								
<1> Klassenräu	37	18	-	-	2	-	21	545
<2> Lager, Tec	17	5	-	-	0	-	8	292
<3> Verkehrsfl	11	2	-	-	-	-	3	222
	2.788	1.941	731	473	916	925	2.222	40.417

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	626	62,6	12,5	0,0	75,1
<2> Lager, Technik	165	-	-	0,0	0,0
<3> Verkehrsflächen	264	-	-	0,0	0,0
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> Klassenräume		-	-	0,0	0,0
<2> Lager, Technik		-	-	0,0	0,0
<3> 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	6,9	0,3	0,0	0,0
<2> Lager, Technik	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0
<3> Verkehrsflächen	0,0	2,1	0,1	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} = ungerichtete Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme

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

Q_{I,rV} = ungerichtete 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	Σ H _{V,mech} W/K	Q _{sink} kWh/d	Q _{source} kWh/d	γ
<1> Klassenräume	299	714	0	485	106	0,218
<2> Lager, Technik	51	28	0	44	1	0,030
<3> Verkehrsflächen	158	65	0	113	8	0,066
Zone	C _{wirk} Wh/(m ² K)	H W/K	τ h	a -	η -	η _{WE}
<1> Klassenräume	50	1013	30,89	2,93	0,991	1,000
<2> Lager, Technik	50	79	104,50	7,53	1,000	1,000
<3> Verkehrsflächen	50	223	59,61	4,73	1,000	1,000

Σ H_T = H_{T,D} + H_{T,S} + H_{T,iu} = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten, H_{T,iu} 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

γ = Q_{source} / Q_{sink} = Verhältnis zwischen Wärmequellen und Wärmesenken

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

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

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

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

$\eta_{WE} = \text{Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb}$

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
$\Rightarrow$ Zonen ...													
$T_{i,1}$	°C	19,6	19,6	19,8	20,2	20,5	20,7	20,9	20,8	20,5	20,2	19,8	19,6
$T_{i,2}$	°C	20,2	20,3	20,4	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,3	20,2
$T_{i,3}$	°C	20,1	20,1	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,2	20,1
$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...													
$T_{i,1}$	°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
$T_{i,2}$	°C	17,7	17,8	18,3	19,0	19,9	20,3	20,7	20,6	19,9	19,1	18,2	17,7
$T_{i,3}$	°C	17,4	17,5	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,4

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 $\vartheta_{h,Jan} = 19,6 \text{ °C}$ und $Q_I = 75,1 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

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}		0,843	0,948	0,988	0,993	0,991	0,990	0,974	0,751
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,791	0,991	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,706
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	722	555	537	555	555	501	555	5.258
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.524
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.195	2.905	5.208	6.688	6.463	5.536	4.630	35.999
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	172	1.195	1.703	1.518	1.272	683	6.542
Q_T	kWh	1.272	2.256	3.208	3.943	3.924	3.385	3.198	26.460
Q_V	kWh	1.987	3.525	5.013	6.161	6.130	5.288	4.996	41.339
Q_S^*	kWh	1.584	1.404	516	352	718	648	1.546	14.872
Q_I^*	kWh	1.121	1.312	1.341	1.410	1.390	1.242	1.340	12.229

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

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

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

7.2 Zone <2> 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 $\vartheta_{h,Jan} = 17,7\text{ °C}$ 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	0,922
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,862
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	96	140	141	146	146	132	146	1.333
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	6.102
$Q_{h,b,RE}$	kWh	267	536	769	928	909	785	716	5.566
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	18	112	170	161	130	81	671
Q_T	kWh	227	402	572	703	700	604	570	4.719
Q_V	kWh	123	219	311	382	380	328	310	2.565
Q_S^*	kWh	108	70	24	15	30	30	81	1.380
Q_I^*	kWh	5	6	7	8	8	7	7	70

7.3 Zone <3> 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}		0,970	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,813
$\eta_{source,WE}$		0,898	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,772
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	255	235	228	235	235	212	235	2.431
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	5.864
$Q_{h,b,RE}$	kWh	420	1.155	1.838	2.307	2.256	1.884	1.568	12.457
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	127	419	599	575	453	282	2.456
Q_T	kWh	692	1.228	1.746	2.146	2.135	1.842	1.740	14.400
Q_V	kWh	286	508	722	887	883	761	719	5.953
Q_S^*	kWh	709	420	188	105	164	243	571	5.964
Q_I^*	kWh	38	43	46	52	48	41	42	416

7.4 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	26.460	41.339	14.872	12.229	42.541	68,0
<2> Lager, Technik	4.720	2.565	1.380	70	6.237	37,8
<3> Verkehrsflächen	14.400	5.953	5.964	416	14.912	56,2
	45.579	49.857	22.216	12.715	63.690	60,3

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (12), mit Dachoberlichtern (3)

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	116,7	47,0	gut	91
2 A 0102 FAW N-O	N-O 1	300	16,9	4,4	gut	92
3 A 0103 FAW N-W	N-W 1	300	21,7	11,7	gut	97
4 A 0201 FAW S-O	S-O 1	300	116,7	47,0	gut	91
5 A 0202 FAW N-O	N-O 1	300	16,9	4,4	gut	92
6 A 0203 FAW N-W	N-W 1	300	21,7	11,7	gut	97
7 A 0300 FAW N-O	N-O 1	300	0,0	3,8	keine	41
9 A 0400 FAW N-W	N-W 1	300	0,0	3,6	keine	18
12 A 0807 FAW N-W	N-W 3	100	65,3	26,0	gut	96
13 A 0907 FAW N-W	N-W 3	100	65,3	23,5	gut	95
14 A 1002 FAW N-W	N-W 3	100	38,3	7,2	mittel	85
15 A 1200 FAW N-W	N-W 3	100	0,0	9,0	keine	38

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
8 W 0304 FD S-O 27°	1	300	149,1	9,7	gering	83
10 W 0504 FD S-O 27°	1	300	149,1	9,7	gering	83
11 A 0604 FD S-O 27°	2	100	74,5	4,9	gering	83

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
<1> Klassenräume	626	609	17
<2> Lager, Technik	165	75	90
<3> Verkehrsflächen	266	169	97

A_{TL} = 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

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

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

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

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich					CTL	CTL, kon	FTL						
							Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %	
1	A	0101	FAW	S-O	1	91	60	53	47	42	39	37	36
2	A	0102	FAW	N-O	1	92	60	53	46	41	38	36	35
3	A	0103	FAW	N-W	1	97	60	51	44	38	35	32	32
4	A	0201	FAW	S-O	1	91	60	53	47	42	39	37	36
5	A	0202	FAW	N-O	1	92	60	53	46	41	38	36	35
6	A	0203	FAW	N-W	1	97	60	51	44	38	35	32	32
7	A	0300	FAW	N-O	1	41	50	83	80	78	77	76	76
8	W	0304	FD	S-O 27°	1	83	50	69	62	56	52	49	49
9	A	0400	FAW	N-W	1	18	50	92	91	90	90	89	89
10	W	0504	FD	S-O 27°	1	83	50	69	62	56	52	49	49
11	A	0604	FD	S-O 27°	2	83	50	69	62	56	52	49	49
12	A	0807	FAW	N-W	3	96	60	51	44	39	35	33	33
13	A	0907	FAW	N-W	3	95	60	51	45	40	36	34	33
14	A	1002	FAW	N-W	3	85	55	60	55	50	48	46	45
15	A	1200	FAW	N-W	3	38	50	84	81	80	78	78	77

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} * 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 _{1, b} kWh/m
1 A 0101 FAW S-O	1	300	9-1-1	3,2	0,88	56	1225	0	21
2 A 0102 FAW N-O	1	300	9-1-1	3,2	0,88	55	1225	0	3
3 A 0103 FAW N-W	1	300	9-1-1	3,2	0,88	53	1225	0	4
4 A 0201 FAW S-O	1	300	9-1-1	3,2	0,88	56	1225	0	21
5 A 0202 FAW N-O	1	300	9-1-1	3,2	0,88	55	1225	0	3
6 A 0203 FAW N-W	1	300	9-1-1	3,2	0,88	53	1225	0	4
7 A 0300 FAW N-O	1	300	9-1-1	3,2	0,88	86	1225	0	0
8 W 0304 FD S-O 27°	1	300	9-1-1	3,2	0,88	72	1225	0	34
9 A 0400 FAW N-W	1	300	9-1-1	3,2	0,88	96	1225	0	0
10 W 0504 FD S-O 27°	1	300	9-1-1	3,2	0,88	72	1225	0	34
11 A 0604 FD S-O 27°	2	100	9-1-1	2,4	0,07	10	175	14	2
12 A 0807 FAW N-W	3	100	9-1-1	1,6	0,60	66	1526	124	8
13 A 0907 FAW N-W	3	100	9-1-1	1,6	0,60	67	1526	124	8
14 A 1002 FAW N-W	3	100	9-1-1	1,6	0,60	78	1526	124	6
15 A 1200 FAW N-W	3	100	9-1-1	1,6	0,60	108	1526	124	0
16 A in <1> ohne TL	1	300	9-1-1	3,2	0,88	0	1225	0	6
17 A in <2> ohne TL	2	100	9-1-1	2,4	0,07	0	175	14	3
18 A in <3> ohne TL	3	100	9-1-1	1,6	0,60	0	1526	124	22

179

9-1-1 (0,44): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 1.055 m²

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	114	134	117	94	94	1.165
<2> Lager, Tec	5	5	5	6	6	5	5	61
<3> Verkehrsfl	39	42	43	47	44	37	40	478
	135	152	163	187	166	136	138	1.704

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)

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)

Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> Klassenräume	73	234	3,204	50,000	30,89	0,305
<2> Lager, Technik	6	10	1,674	50,000	104,50	0,592
<3> Verkehrsflächen	16	49	3,057	50,000	59,61	0,326

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
$\Rightarrow Q_{C,b}$ (Raumklima)								
<1> Klassenräu	10	14	14	51	259	1.437	2.168	9.656
<2> Lager, Tec	-	-	-	-	-	4	37	171
<3> Verkehrsfl	-	-	-	0	30	260	573	2.030

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{C,b}$

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

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

11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung $Q_{c,max}$

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

Zone	$t_{c,op,d}$ h/d	$Q_{c,max, Juli}$ kW	$Q_{c,max, Sept}$ kW	techn. gekühlt
<1> Klassenräume	9	17,6	11,3	nein
<2> Lager, Technik	13	0,7	0,2	nein
<3> Verkehrsflächen	13	3,3	1,6	nein
		21,6	13,1	

$Q_{c,max} = 0,8 * (Q_{source} - Q_{sink}) * (1 + 0,3 * EXP(-\tau/120)) - c_{wirk}/60 * (\Delta\theta - 2) + c_{wirk}/40 * (12 / t_{c,1}) (T_2, C.1)$
mit $t_{c,op,d}$ = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und $\Delta\theta$ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b, Jan}$ kWh/M
<1> Klassenräume	nicht relevant			-
<2> Lager, Technik	nicht relevant			-
<3> Verkehrsflächen	nicht relevant			-

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

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

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

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

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m^3/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
<1> Klassenräume	9,6	11,4	0	0,0	21,0
<2> Lager, Technik	1,6	0,4	0	0,0	2,1
<3> Verkehrsflächen	5,0	1,0	0	0,0	6,1

$Q_{T,max}$ = 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

$V_{mech} = \eta_{mech,ZUL} * V$ = Mindestvolumenstrom der mechanischen Lüftungsanlage

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

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

13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone(n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Fußbodenheizung Nasssystem 2		1/2/3/	63.690	29,2	32,0

<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	1.883	4.913	9.540	12.395	11.881	10.061	7.960	63.690

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> Lager, Technik									
Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <2>$	h/m	493	744	720	744	744	672	744	6.102
$t_{h,rL,d} <2>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <2>$	d/m	14	23	24	26	26	23	25	200
$t_{h,rL} <2>$	h/m	185	308	389	462	460	400	391	3.082

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = 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) (13,0%)

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	1.883	4.913	9.540	12.395	11.881	10.061	7.960	63.690
$Q_{h,ce}$	kWh	585	889	1.175	1.284	1.237	1.096	1.017	8.288
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	2.468	5.802	10.715	13.678	13.118	11.157	8.977	71.979

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 $A_{Nutz,Heizbereich} = 1054,8$
 m^2 , Geschosshöhe i.M. = 3,74 m, 3 Geschosse.

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

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 43 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Fußbodenheizung Nasssystem			
Leitungslängen l_i	91,9 m	18,3 m	- 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) Fußbodenheizung Nasssystem								
$\beta_{h,d}$	0,17	0,27	0,51	0,63	0,60	0,57	0,41	
$\theta_{VL,av}$ °C	23,8	25,2	28,6	30,2	29,9	29,4	27,3	
$\theta_{RL,av}$ °C	22,4	23,1	24,8	25,6	25,4	25,2	24,1	
$Q_{h,d}$ kWh	37	69	110	144	140	119	102	772
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$ kWh	3	6	12	17	16	14	10	85

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

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 = $\sum l_i \cdot U_i (\theta_{HK,m} - \theta_{I,i}) \cdot t_{h,rL,i}/1000$ [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	2.505	5.871	10.824	13.822	13.258	11.276	9.078	72.751

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

13.7 Heizwärmepufferspeicher

Heizbereiche (1)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 304 \text{ l}$, Umgebungstemperatur $\theta_u = 13,0 \text{ °C}$

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 2,8 \text{ kWh/d}$, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 72 \text{ W}$

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

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

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

(1) Fußbodenheizung Nasssystem
Monat

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	23	24	27	28	28	27	26	
$Q_{h,s}$	kWh	23	26	31	35	35	30	30	238
$W_{h,s}$	kWh	9	14	27	34	33	28	22	191

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, 32,0 kW

Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d

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

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

(Gl.14) und stundenanteilig für die Temperaturklassen $-7 / 2 / 7 / 20 \text{ °C}$ 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} = 3,67

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h, outg}	kWh	2.528	5.898	10.856	13.857	13.293	11.306	9.108	72.989
COP		4,89	4,20	3,85	3,59	3,63	3,64	3,86	
t _{ON, g, d}	h/d	2,5	6,0	12,0	15,3	14,5	14,0	10,0	
Q _{h, f}	kWh	604	1.491	2.871	3.736	3.513	3.092	2.464	19.346
Q _{h, f, bu}	kWh	-	-	143	706	879	338	8	2.073
Q _{h, f, sum}	kWh	605	1.491	3.014	4.442	4.393	3.430	2.472	21.420
Q _{h, in}	kWh	1.923	4.406	7.842	9.415	8.900	7.877	6.637	51.569

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1)

(1) "Fußbodenheizung Nasssystem", Zonen 1/2/3 (A_{NGF} = 1.056 m²)

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h, f}	kWh	605	1.491	3.014	4.442	4.393	3.430	2.472	21.420
W _h	kWh	9	15	27	34	33	28	22	192
eco-Strom	kWh	605	1.491	3.014	4.442	4.393	3.430	2.472	21.420
Q _{I, h, <1>}	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	
Q _{I, h, <2>}	kWh/d	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Q _{I, h, <3>}	kWh/d	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	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} = 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

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen

Stromangebot aus Photovoltaikanlage nach GEG 2024 und DIN V 18599-9:2018

Peakleistung 16,60 kWp, quadratmeterbezogen 16,60 / (1054,8) = 0,016 kWp/m²

100m² PV-Module S-O 30° Standort Deutschland (Potsdam)

Q_{f, prod, PV} = E_{sol} * P_{pk} * f_{perf} / I_{ref}, DIN V 18599-9:2018, Gl.64

Q_{f, nutz, PV} durch monatliche Aufrechnung MIN(Q_{f, prod, PV} / Q_{Bedarf}) (anrechenbar)

Strombedarf für Heizwärme Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	749	1.658	3.203	4.663	4.591	3.593	2.633	23.315
Stromangebot	kWh	1.186	850	307	192	383	392	950	13.216
anrechenbar	kWh	749	850	307	192	383	392	950	6.050

Jahres-Stromproduktion = 13.216 kWh/a, Strombedarf = 23.315 kWh/a, anrechenbar = 6.050 kWh/a

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{HS/Hi}$	Q_P kWh/a
eco-Strom	Heizwärme	1/2/3/	21.420	1,80	1,00	38.555
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/	1.704	1,80	1,00	3.068
Strom-Mix	Hilfsenergie		192	1,80	1,00	345
Strom-Mix	Stromgutschrift		-6.050	1,80	1,00	-10.890
Σ [kWh/Jahr]			17.266			31.078

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 31.078 / 1.056 = 29,4$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.056$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 17.266 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 0,2 kWh/(m²a), eco-Strom 20,3 kWh/(m²a), Strom-Mix 1,6 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -5,7 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/(m²a)
eco-Strom	21.420	560	11.995	
Strom-Mix	1.704	560	954	
Strom-Mix	192	560	107	
Strom aus PV	-	560	-3.388	
	23.316		9.669	9,2

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom = - 13056,6 / 23316,0 * 6050 = -3.388 kWh/a (GEG A9, Abs.1g)

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	626	-	1.165	-	-	14.307	15.472
<2> Lager, Techni	165	-	61	-	-	2.097	2.158
<3> Verkehrsfläch	266	-	478	-	-	5.015	5.494
Gebäude	1.056	-	1.704	-	-	21.417	23.122

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	1,6	0,0	0,0	60,3	61,9
Endenergiebedarf	0,0	1,6	0,0	0,0	20,5	22,1
Primärenergiebedarf	0,0	2,9	0,0	0,0	36,8	39,7

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

15.0 Nachweise

für ein neu errichtetes Gebäude

Referenzberechnung = "Gebäude 26-06-23-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 $q_{P,REF} = 93,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, aus der Referenzberechnung

zul $q_P = 93,2 - 45\% = 51,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, geforderte Unterschreitung nach GEG §18 und GEG-Novelle 2023 / 2024

vorh $q_P = 31.078 / 1056,4 = 29,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

vorh $q_P = 29,4 \leq 51,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, **Grenzwert wird eingehalten**

15.8 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

Nachweis 65% Erneuerbare

Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71

Heizungsanlagen müssen die benötigte Wärme zu mindestens 65% aus erneuerbaren Energien erzeugen

benötigte Wärme im Gebäude 72.989 kWh/a

genutzte erneuerbare Energien

1. aus thermischen Solaranlagen	- kWh/a
2. aus elektrischen Wärmepumpen	72.989 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 72.989 kWh/a 100 %

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie $DA_{EE} = 72988,6/72988,6 \cdot 100 = 100\%$ (Entwurf Bbl.2 Gl.5)

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

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien

17.1 Nutzung von erneuerbaren Energien nach GEG 2020

Nachweis für privat genutzte Gebäude

Wärme- und Kälteenergiebedarf = $21420 + 0 + 51569 = 72.989 \text{ kWh/Jahr}$ (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]	70.915	97,2 %	50,0 %	194,4 %
PV-Strom [PV-Strom]	6.050	8,3 %	15,0 %	55,3 %
				249,7 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

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

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs- anteil
				erzielt	gefordert	
HT' - Wert	W/(m²K)	0,42	0,32	24,6 %	15,0 %	163,7 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 413,4 % ≥ 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 26-06-23-Referenz2020"

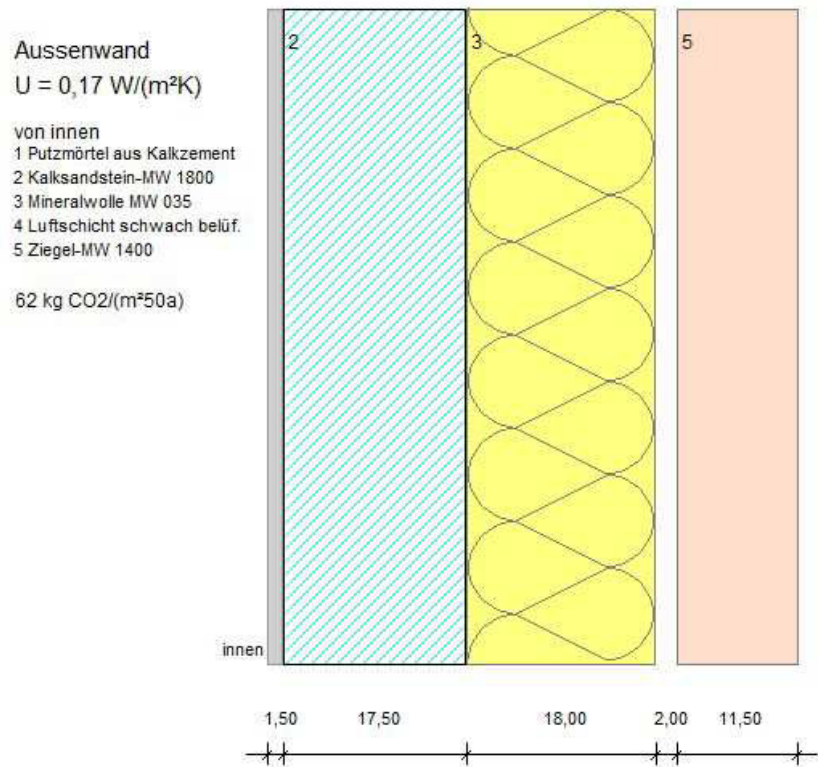
		Bestand	saniert	Einsparung
Endenergie	kWh/a	96.174	17.266	78.908 +82,0%
Primärenergie	kWh/a	98.453	31.078	67.375 +68,4%
CO2-Emissionen	kg/a	22.131	9.669	12.462 +56,3%

	Primärenergiebedarf Qp' [kWh/(m²a)]	----- mittlere U-Werte ----- Opake Fenster Vorh. Oberl. W/(m²K) W/(m²K) W/(m²K)	
Referenzberechnung	100 %	93,2	
erreicht Ti ≥ 19°C	32 %	29,4	0,15 0,88 1,00
Effizienzgebäude 55	55 %	51,3	0,22 1,20 1,20 2,00 OK
Effizienzgebäude 40	40 %	37,3	0,18 1,00 1,00 1,60 OK

Das Förderniveau **Effizienzgebäude 40** wird erreicht.

Bauteilquerschnitt

Bauteil: Aussenwand



Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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

Querschnitt

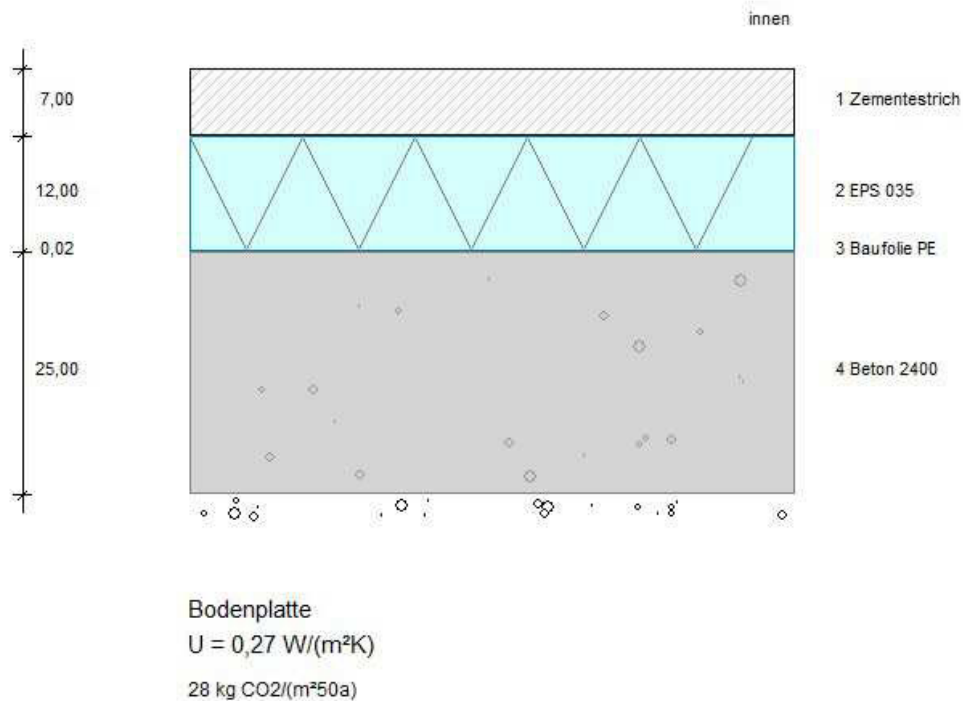
von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Putzmörtel aus Kalkzement	1,50	1800	27,0	1,000	0,015
02 Kalksandstein-MW 1800	17,50	1800	315,0	0,990	0,177
03 Mineralwolle MW 035	18,00	20	3,6	0,035	5,143
04 Luftschicht schwach belüf.	2,00	1	0,0	0,110	0,182
05 Ziegel-MW 1400	11,50	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

Bauteil: Bodenplatte



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

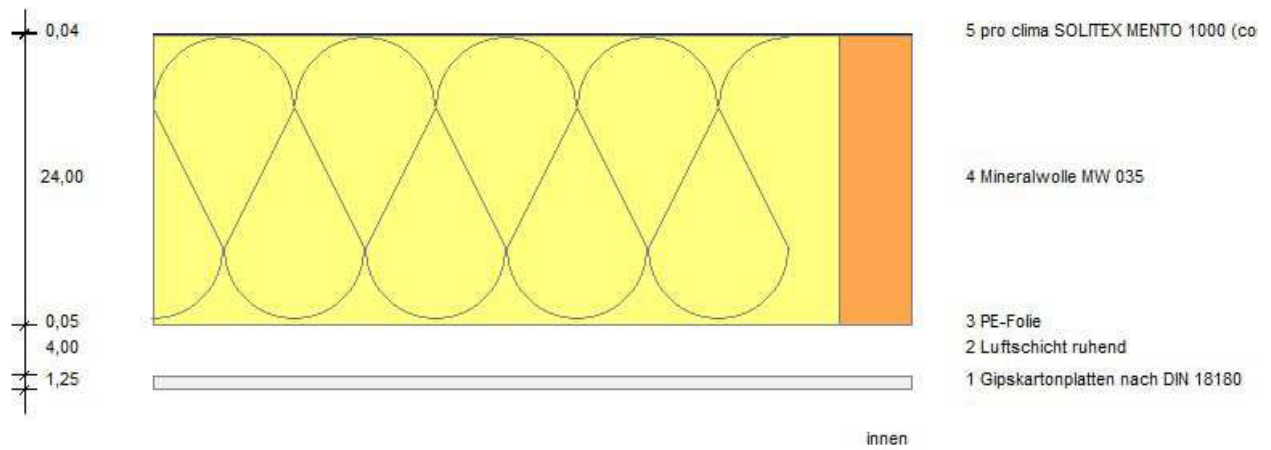
von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Zementestrich	7,00	2000	140,0	1,400	0,050
02 EPS 035	12,00	20	2,4	0,035	3,429
03 Baufolie PE	0,02	1000	0,2	-	-
04 Beton 2400	25,00	2400	600,0	2,000	0,125
R_{se}					0,000
d =	44,02	G =	742,6	$R_T =$	3,77

Wärmedurchgangskoeffizient

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

Bauteilquerschnitt

Bauteil: Dach



Dach

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

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

Bauteiltyp "Dachdecke" (1)

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

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

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

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil				
6,0 cm	75,0 cm	8,0 %	26,1 kg/m ²			
Rahmenanteil 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 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	

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

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

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

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

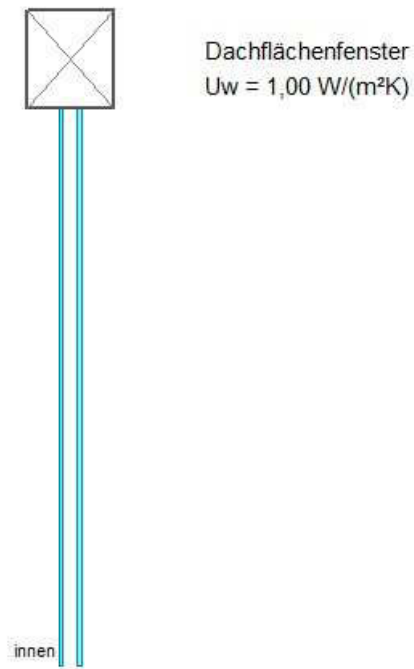
$$U = 1 / R_T = 0,159 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Wärmedurchgangskoeffizient

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

Bauteilquerschnitt

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

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

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

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

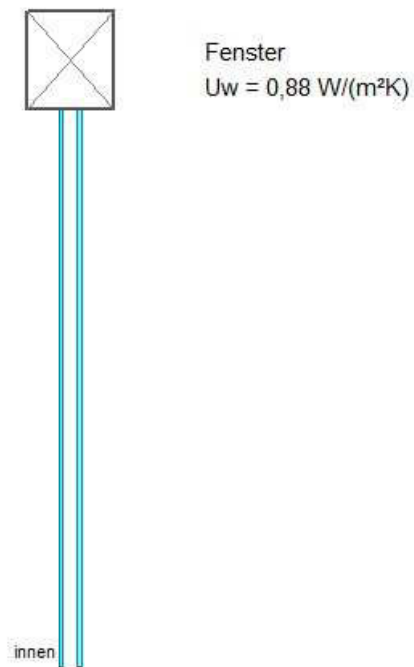
Rahmenanteil, Tab. H.4

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

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

Bauteilquerschnitt

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)

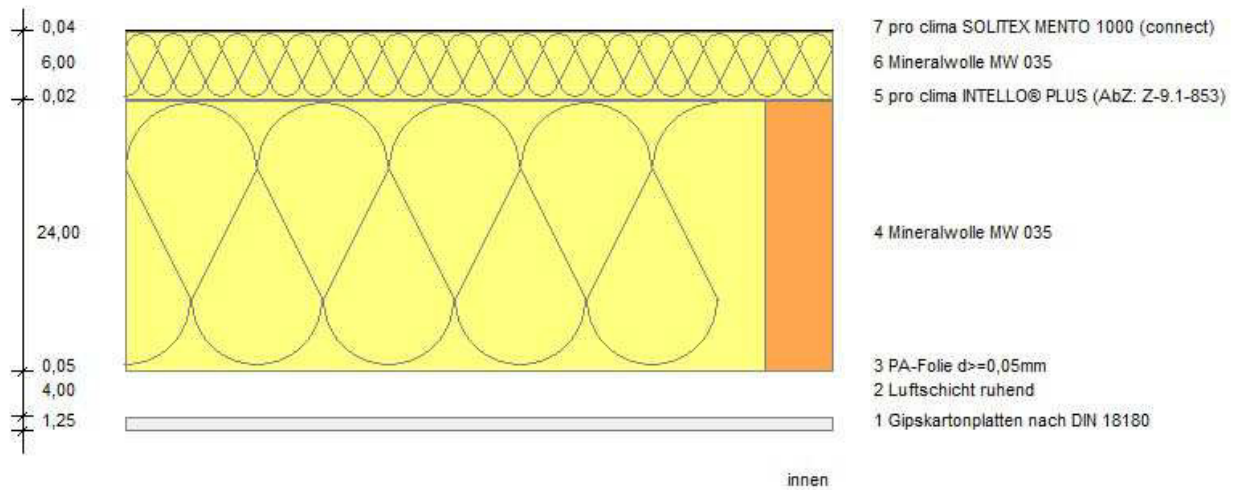
Einfachfenster, Tabellenwert $U_w = 0,88 (0,9) \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

Bauteilquerschnitt

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	$R_T = 9,13$	

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

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

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

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

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

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

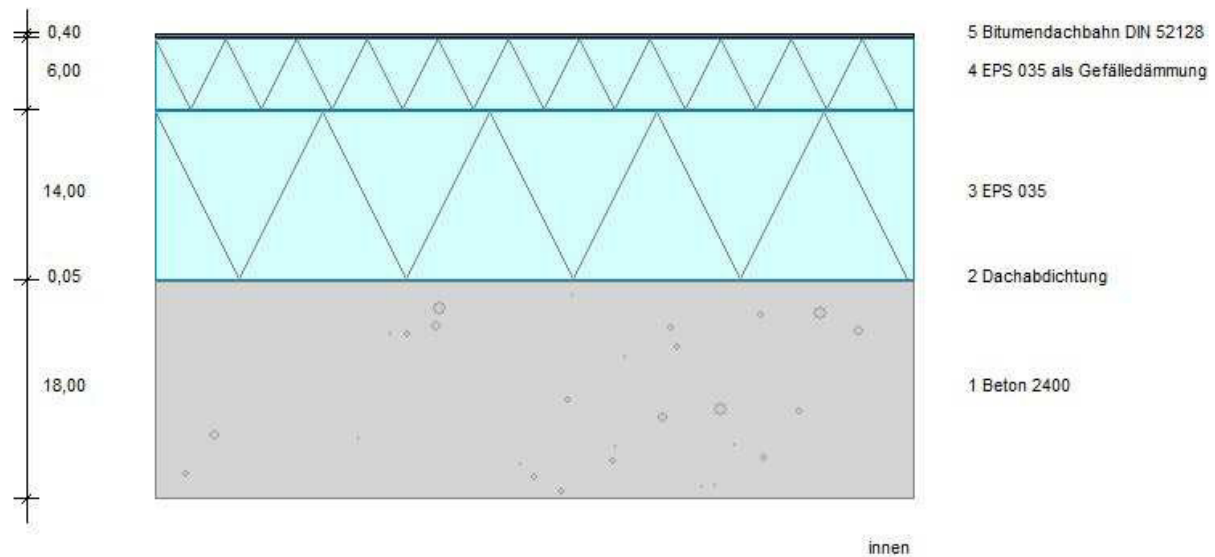
$$U = 1 / R_T = 0,123 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Wärmedurchgangskoeffizient

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

Bauteilquerschnitt

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

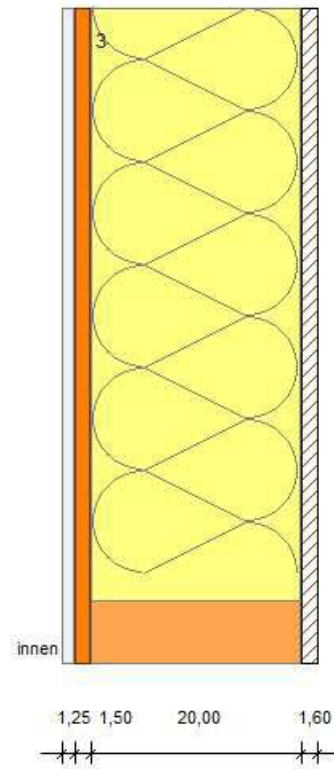
von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Beton 2400	18,00	2400	432,0	2,000	0,090
02 Dachabdichtung	0,05	-	-	-	-
03 EPS 035	14,00	20	2,8	0,035	4,000
04 EPS 035 als Gefälledämmung	6,00	20	1,2	0,035	1,714
05 Bitumendachbahn DIN 52128	0,40	1200	4,8	0,170	0,024
R_{se}					0,040
d =	38,45	G =	440,8	$R_T =$	5,97

Wärmedurchgangskoeffizient

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

Bauteilquerschnitt

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

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

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

$$R''_T = 0,13 + 1/(0,904/0,050 + 0,096/0,050) + 1/(0,904/0,115 + 0,096/0,115) +$$

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

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

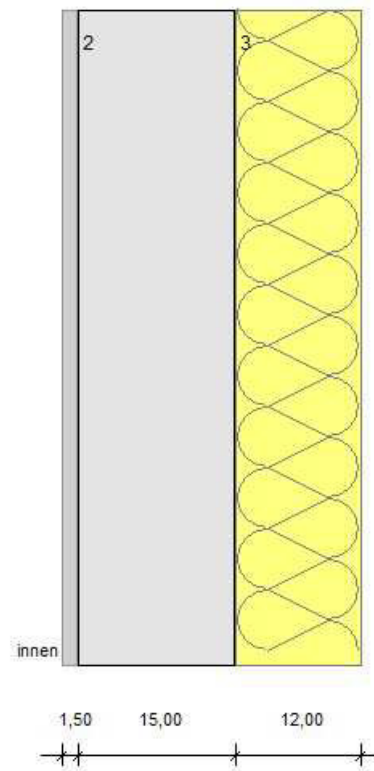
$$U = 1 / R_T = 0,196 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Wärmedurchgangskoeffizient

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

Bauteilquerschnitt

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

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013

Flächen aus Faltmodell "Differenzierung OGS EG"
mit der Nettogrundfläche $A_G = +29,72 - (0,51 \cdot 6,83) = 26,24 \text{ m}^2$

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 1401 FF S-0 2	S-0 90°	11,75	50	0,25	1,47
11,7 m ²					1,47

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

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $11,75 / 26,24 = 0,45$ (45%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} \cdot g_i \cdot F_{C,i}) / A_G = 1,47 / 26,24 = \mathbf{0,056}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	A sommerkühl
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	schwer
Nachtlüftung	erhöht, $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$
Sonneneintragskennwert S_1	+0,101

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,022 ($f_{WG} = 0,45$)
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster $>60^\circ$	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	-0,022

$S_{\text{vorh}} = 0,056 \leq 0,079 = S_{\text{zul}} (= 0,101 - 0,022)$ **Nachweis erbracht**

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013

Flächen aus Faltmodell "Differenzierung rechts EG"

mit der Nettogrundfläche $A_G = +23,09 - (0,51 \cdot 7,11 + 0,51 \cdot 3,25) = 17,81 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W \text{ [m}^2\text{]}$	$g \text{ [%]}$	F_C	$A_W \cdot g \cdot F_C$
1 F 1601 FF S-0 2	S-0 90°	11,75	40	0,25	1,18
11,7 m ²					1,18

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

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil $= 11,75 / 17,81 = 0,66$ (66%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} \cdot g_i \cdot F_{C,i}) / A_G = 1,18 / 17,81 = \mathbf{0,066}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	A sommerkühl
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	schwer
Nachtlüftung	hoch $n \geq 5 \text{ h}^{-1}$
Sonneneintragskennwert S_1	+0,170

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,046 ($f_{WG} = 0,66$)
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster $>60^\circ$	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	-0,046

$S_{\text{vorh}} = 0,066 \leq 0,124 = S_{\text{zul}} (= 0,170 - 0,046)$ **Nachweis erbracht**

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013

Flächen aus Faltmodell "Klassenraum links EG"

mit der Nettogrundfläche $A_G = +61,19 - (0,51 \cdot 6,91) = 57,67 \text{ m}^2$

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 1301 FF S-0 2	S-0 90°	11,75	50	0,25	1,47
11,8 m ²					1,47

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

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $11,75 / 57,67 = 0,20$ (20%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} \cdot g_i \cdot F_{C,i}) / A_G = 1,47 / 57,67 = \mathbf{0,025}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

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

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,007 ($f_{WG} = 0,20$)
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,007

$S_{\text{vorh}} = 0,025 \leq 0,032 = S_{\text{zul}} (= 0,025 + 0,007)$ **Nachweis erbracht**

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013

Flächen aus Faltmodell "Klassenraum rechts EG"

mit der Nettogrundfläche $A_G = +60,85 - (0,51 \cdot 8,56 + 0,51 \cdot 7,11) = 52,86 \text{ m}^2$

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 1502 FF N-O	N-O	90°	3,96	50	0,25	0,50
2 F 1503 FF N-W	N-W	90°	11,75	50	0,25	1,47
3						
15,7 m ²						1,96

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

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil $= 15,71 / 52,86 = 0,30$ (30%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} \cdot g_i \cdot F_{C,i}) / A_G = 1,96 / 52,86 = \mathbf{0,037}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

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

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,004 ($f_{WG} = 0,30$)
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	+0,100
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,096

$S_{\text{vorh}} = 0,037 \leq 0,120 = S_{\text{zul}} (= 0,025 + 0,096)$ **Nachweis erbracht**

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013

Flächen aus Faltmodell "Mehrzweckräume DG 2"
mit der Nettogrundfläche $A_G = 38,5 = 38,50 \text{ m}^2$

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 0504 FD S-0 27°	27°	S-0 27°	9,70	50	0,25	1,21
2							
				9,7 m ²			1,21

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

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $9,70 / 38,50 = 0,25$ (25%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 1,21 / 38,50 = \mathbf{0,031}$

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	+0,001 ($f_{WG} = 0,25$)
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,035
für nordorientierte Fenster $>60^\circ$	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	-0,034

$S_{\text{vorh}} = 0,031 \leq 0,055 = S_{\text{zul}} (= 0,089 - 0,034)$ **Nachweis erbracht**

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013

Flächen aus Faltmodell "Mehrzweckräume DG" "Gaube 1"
mit der Nettogrundfläche $A_G = 51 = 51,00 \text{ m}^2$

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 0300 FF N-O	N-O	90°	3,79	50	0,25	0,47
2 F 0304 FD S-O 27°	S-O	27°	9,70	50	0,25	1,21
3 F 0400 FF N-W	N-W	90°	3,60	50	0,25	0,45
4						
17,1 m ²						2,14

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

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $17,09 / 51,00 = 0,34$ (34%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 2,14 / 51,00 = \mathbf{0,042}$

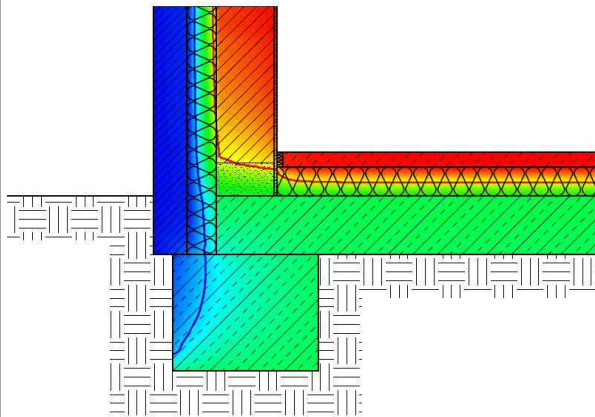
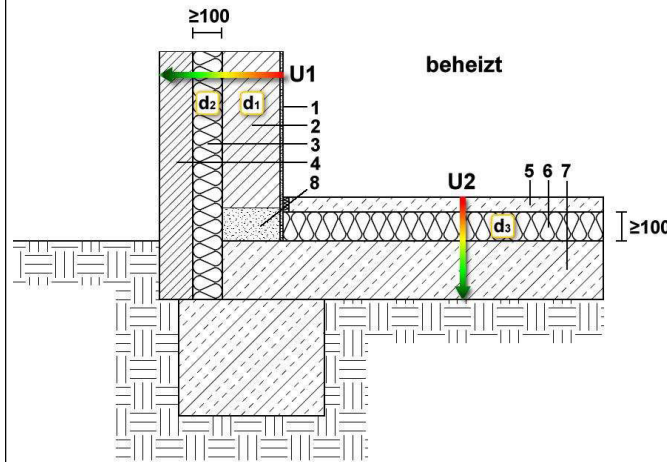
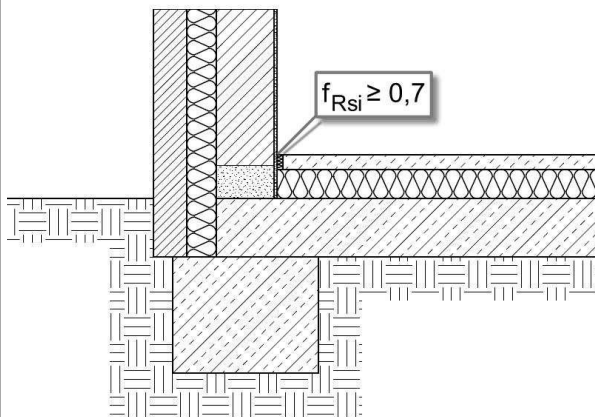
zulässiger Sonneneintragskennwert

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

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,009 ($f_{WG} = 0,34$)
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,020
für nordorientierte Fenster >60°	+0,043
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,014

$S_{\text{vorh}} = 0,042 \leq 0,103 = S_{\text{zul}} (= 0,089 + 0,014)$ **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: $\Psi_{\text{ref,Ers}}$ 0,14W/(m·K) Randbedingung: Randbedingung Nr.:1	Kategorie: Kategorie:B																											

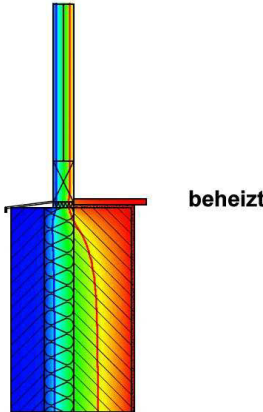
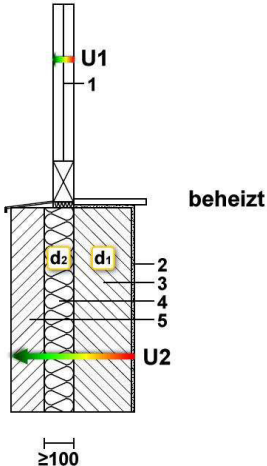
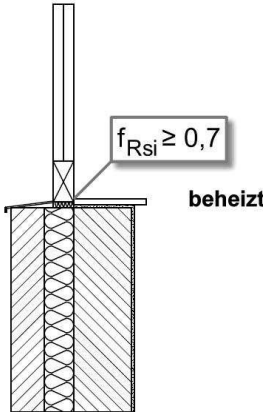
- Systemgrafik keine Ausführungsplanung -

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: Ψ _{ref,Ers} 0,19 W/(m·K) Randbedingung: Randbedingung Nr.: 8	Kategorie: Kategorie: B																								

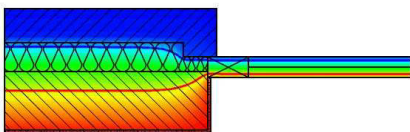
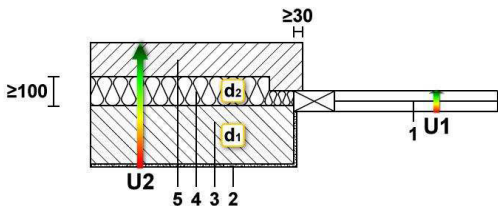
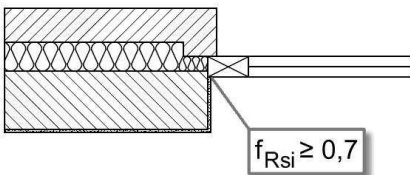
- Systemgrafik keine Ausführungsplanung -

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)																	

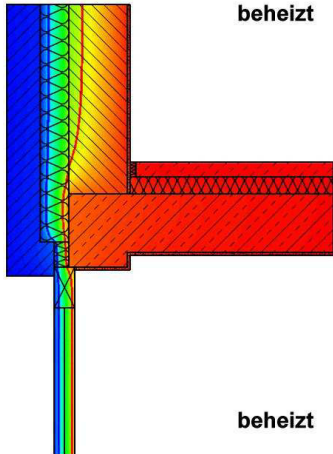
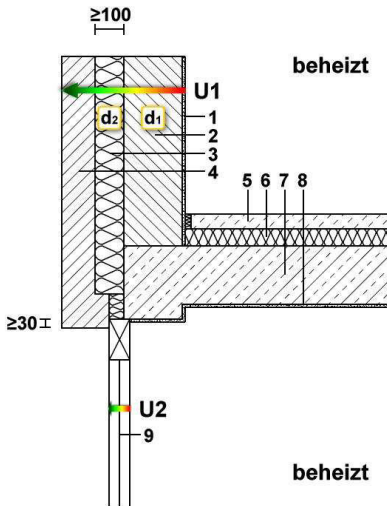
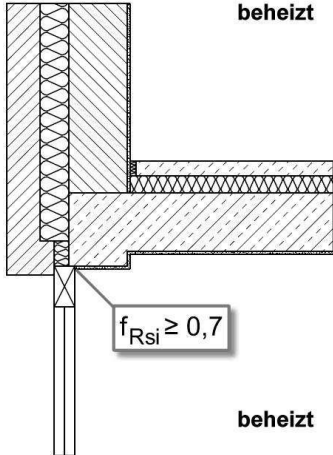
- Systemgrafik keine Ausführungsplanung -

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)																	

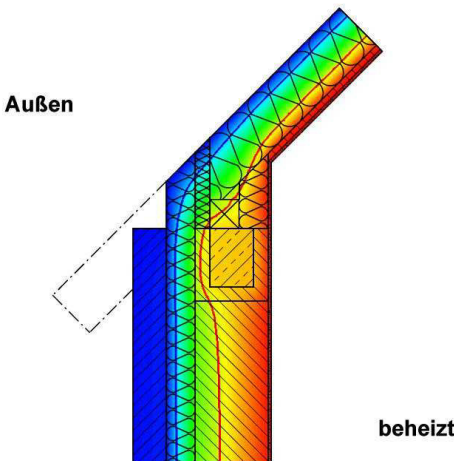
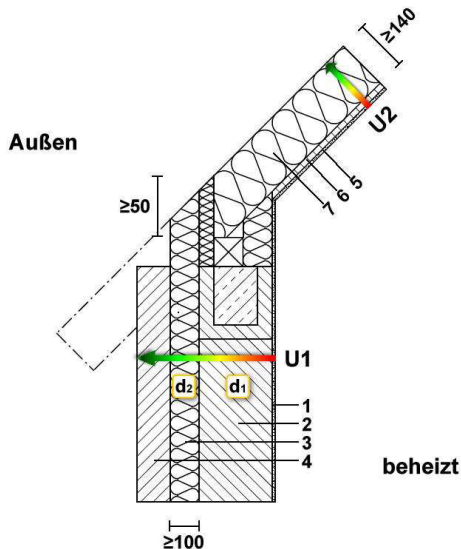
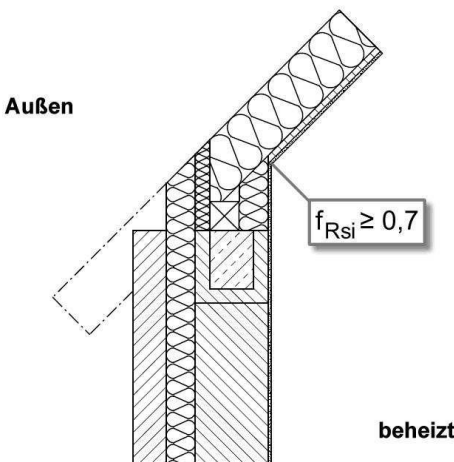
- Systemgrafik keine Ausführungsplanung -

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.																														
																															
 f_{Rsi} ≥ 0,7	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>Ψ_{ref,Ers}</td><td>0,06</td><td>W/(m·K)</td></tr><tr><td>Ψ_{ref,Det}</td><td>0,08</td><td>W/(m·K)</td></tr><tr><td>Ψ_{ref,Kor}</td><td>0,02</td><td>W/(m·K)</td></tr></table> Randbedingung: Randbedingung Nr.: 28	Ψ _{ref,Ers}	0,06	W/(m·K)	Ψ _{ref,Det}	0,08	W/(m·K)	Ψ _{ref,Kor}	0,02	W/(m·K)	Kategorie: Kategorie: B																					
Ψ _{ref,Ers}	0,06	W/(m·K)																													
Ψ _{ref,Det}	0,08	W/(m·K)																													
Ψ _{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: $\Psi_{\text{ref,Ers}}$ -0,01 W/(m·K) Randbedingung: Randbedingung Nr.:37	Kategorie: Kategorie:B																								

- Systemgrafik keine Ausführungsplanung -

Gebäudeenergieberechnung

Energiebedarfsberechnung

Seite: 67

Auftragsnr.: 26-053

Aufgestellt:

Seiten: 1 bis 67

Greven, den 01.09.2026

LOPES & ALBERS Beratende Ingenieure PartG mbB

