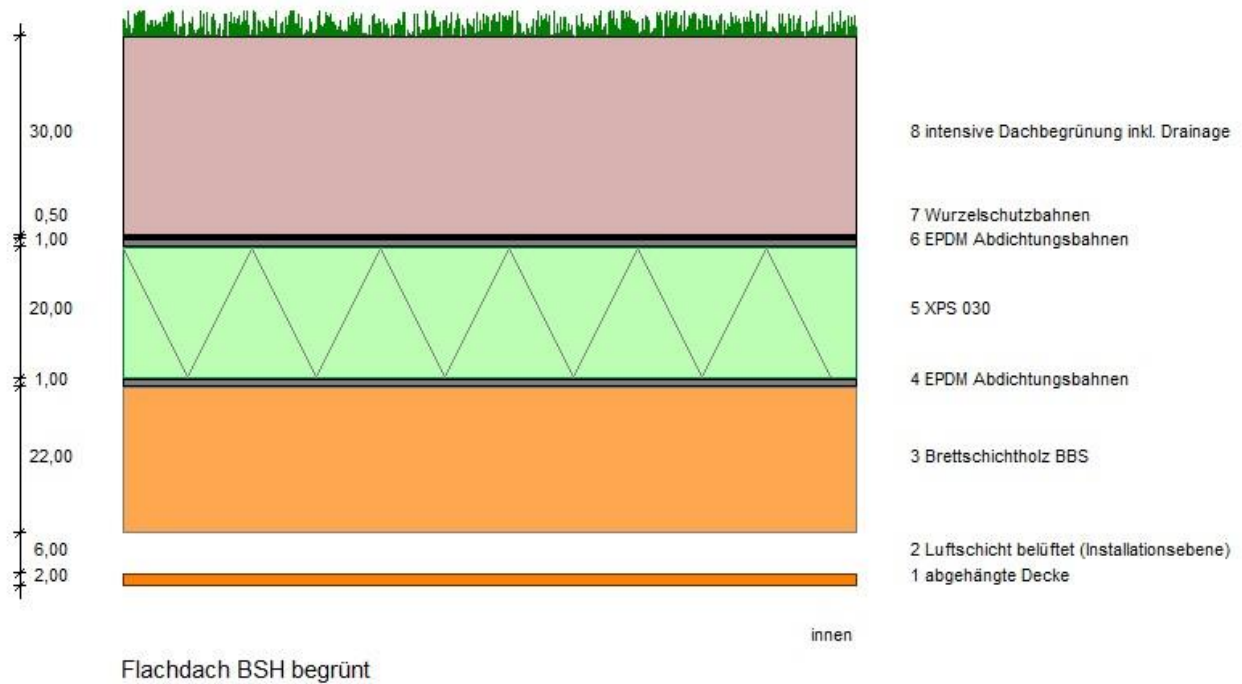


1. Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerwehrhaus Lohmar-Birk

1.1 Bauteil: Flachdach BSH begrünt



Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft" (1)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

1.2 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 abgehängte Decke	2,00	650	13,0	0,130	0,154
02 Luftschicht belüftet (Installati	6,00	1	0,1	-	-
03 Brettschichtholz BBS	22,00	600	132,0	0,130	1,692
04 EPDM Abdichtungsbahnen	1,00	1150	11,5	0,250	0,040
05 XPS 030	20,00	25	5,0	0,030	6,667
06 EPDM Abdichtungsbahnen	1,00	1150	11,5	0,250	0,040
07 Wurzelschutzbahnen	0,50	1100	5,5	0,170	0,029
08 intensive Dachbegrünung inkl. Dr	30,00	1000	300,0	-	-
R_{se}					0,040
d =	82,50	G =	478,6	$R_T =$	8,76

1.3 Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,114 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

1.4 U-Referenzwert für Nichtwohngebäude (GEG '20)

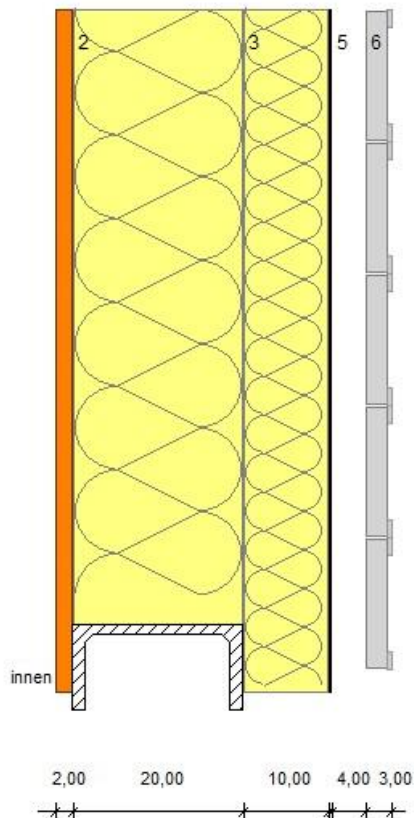
Anforderung: Referenzwert für Dächer und oberste Geschossdecken

$U \quad 0,11 \leq 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

2. Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerwehrhaus Lohmar-Birk

2.1 Bauteil: Außenwand Holzbau



Außenwand Holzbau

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

von innen

1 OSB-Platten

2 Mineralwolle MW 030

3 Mineralwolle MW 030

4 Winddichtbahn

5 Luftschicht belüftet

6 vorgeh. Fassade

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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

2.2 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 OSB-Platten	2,00	650	13,0	0,130	0,154
02 Mineralwolle MW 030	20,00	20	4,0	0,030	6,667
03 Mineralwolle MW 030	10,00	20	2,0	0,030	3,333
04 Winddichtbahn	0,08	-	0,2	-	0,025
05 Luftschicht belüftet	4,00	1	0,0	-	-
06 vorgeh. Fassade	3,00	1550	46,5	-	-
R_{se}					0,040
d =	39,08	G =	65,7	$R_T = 10,35$	

$$U_{\text{Gefach}} = 0,097 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil				
8,0 cm	62,5 cm	12,8 %	66,6 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}					0,130	
01 OSB-Platten	2,00	650	13,0	0,130	0,154	
02 C-Stahlprofil	20,00	–	11,0	–	–	
03 Mineralwolle MW 030	10,00	20	2,0	0,030	3,333	
04 Winddichtbahn	0,08	–	0,2	–	0,025	
05 Luftschicht belüftet	4,00	1	0,0	–	–	
06 vorgeh. Fassade	3,00	1550	46,5	–	–	
R _{se}					0,040	
	39,08		72,7	R _T =	3,68	

$$U_{(R)} = 0,272 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (87,20\% \cdot 1/10,349 + 12,80\% \cdot 1/3,682) = 8,40 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,13 + 1/(0,872/0,154 + 0,128/0,154) + 1/(0,872/6,667 + 0,13/0,17) +$$

$$1/(0,872/3,333 + 0,128/3,333) + 1/(0,872/0,025 + 0,128/0,025) + 0,04 = 4,80 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 6,60 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler = } R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 27\%)$$

$$U = 1 / R_T = 0,152 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

2.3 Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,152 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

2.4 U-Referenzwert für Nichtwohngebäude (GEG '20)

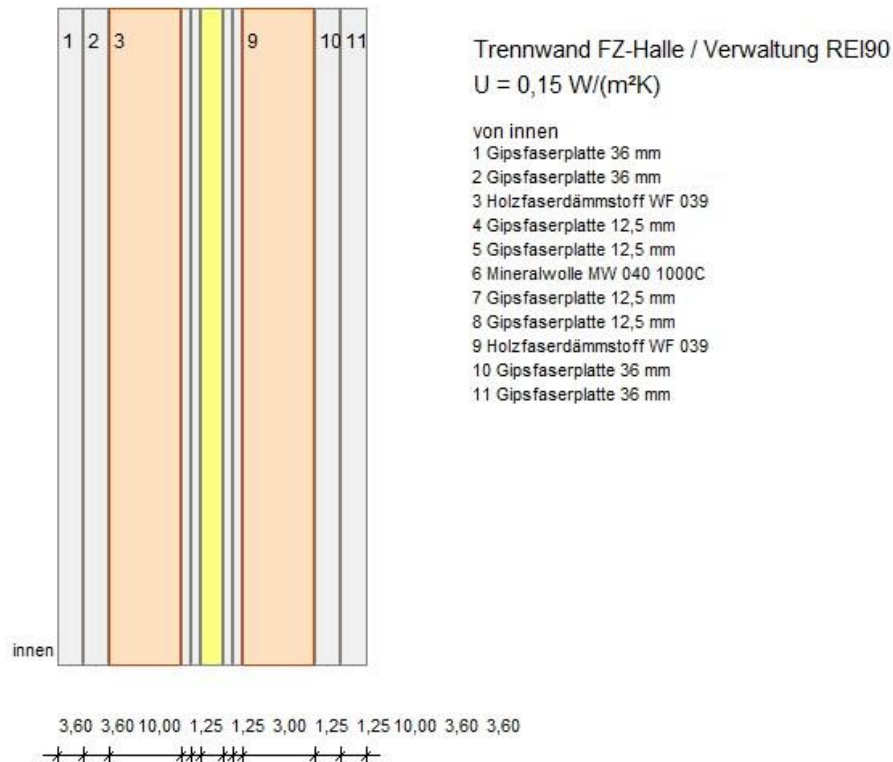
Anforderung: Referenzwert für Außenwände

$$U \quad 0,15 \leq 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$$

3. Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerwehrhaus Lohmar-Birk

3.1 Bauteil: Trennwand FZ-Halle / Verwaltung REI90



Bauteiltyp "Wohnungstrennwand" (6)

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

3.2 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 Gipsfaserplatte 36 mm	3,60	1150	41,4	0,320	0,113
02 Gipsfaserplatte 36 mm	3,60	1150	41,4	0,320	0,113
03 Holzfaserdämmstoff WF 039	10,00	160	16,0	0,039	2,564
04 Gipsfaserplatte 12,5 mm	1,25	1150	14,4	0,320	0,039
05 Gipsfaserplatte 12,5 mm	1,25	1150	14,4	0,320	0,039
06 Mineralwolle MW 040 1000C	3,00	20	0,6	0,040	0,750
07 Gipsfaserplatte 12,5 mm	1,25	1150	14,4	0,320	0,039
08 Gipsfaserplatte 12,5 mm	1,25	1150	14,4	0,320	0,039
09 Holzfaserdämmstoff WF 039	10,00	160	16,0	0,039	2,564
10 Gipsfaserplatte 36 mm	3,60	1150	41,4	0,320	0,113
11 Gipsfaserplatte 36 mm	3,60	1150	41,4	0,320	0,113
R_{se}					0,130

$$d = 42,40 \quad G = 255,7 \quad R_T = 6,74$$

3.3 Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,148 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

3.4 U-Referenzwert für Nichtwohngebäude (GEG '20)

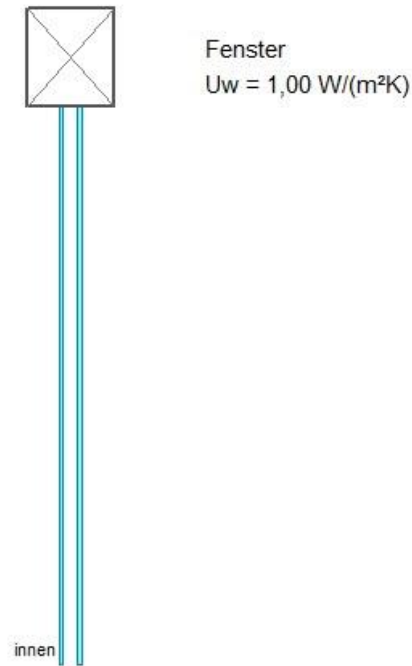
Anforderung: Referenzwert für Wände und Decken zu unbeheizten Räumen

$$U \quad 0,15 \leq 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$$

4. Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerwehrhaus Lohmar-Birk

4.1 Bauteil: Fenster



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

$$U_W = \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$$

4.2 Wärmedurchgangskoeffizient

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

(Fenster mit $A_g = 70\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 60\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,78$)

4.3 U-Referenzwert für Nichtwohngebäude (GEG '20)

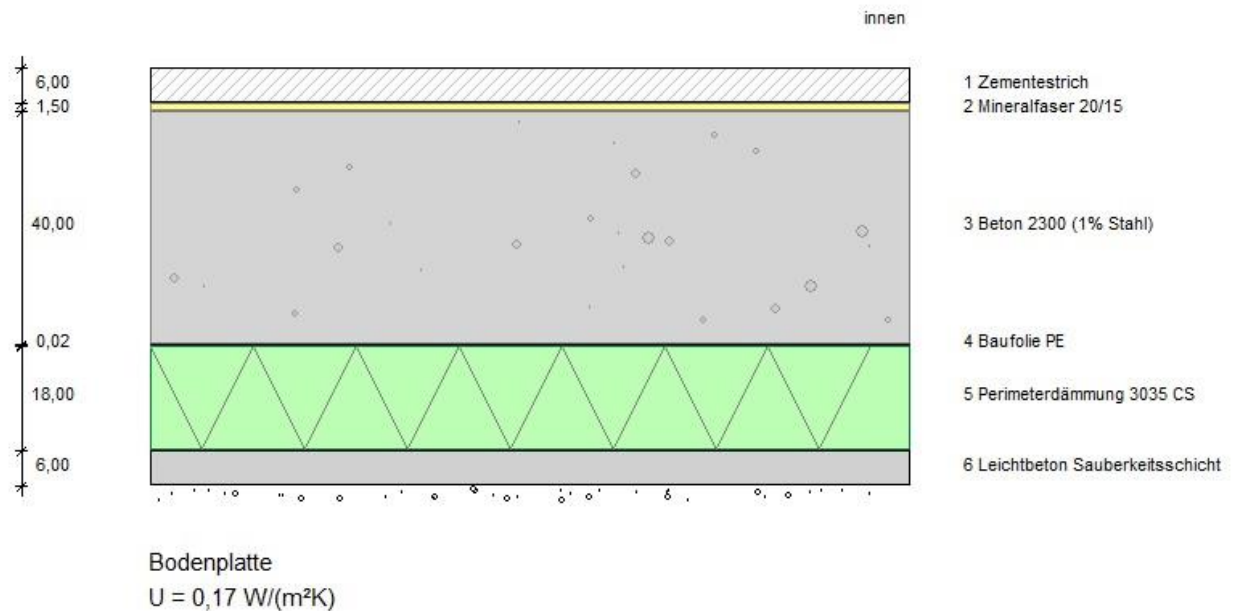
Anforderung: Referenzwert für Fenster und Fenstertüren

$$U \quad 1,00 \leq 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$$

5. Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerwehrhaus Lohmar-Birk

5.1 Bauteil: Bodenplatte



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

5.2 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	6,00	2000	120,0	1,400	0,043
02 Mineralfaser 20/15	1,50	–	–	0,035	0,429
03 Beton 2300 (1% Stahl)	40,00	2300	920,0	2,300	0,174
04 Baufolie PE	0,02	1000	0,2	–	–
05 Perimeterdämmung 3035 CS	18,00	33	5,9	0,036	5,000
06 Leichtbeton Sauberkeitsschicht	6,00	1000	60,0	0,490	0,122
R_{se}					0,000
d =	71,52	G =	1106,1	$R_T =$	5,94

5.3 Wärmedurchgangskoeffizient

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

5.4 Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

$R \quad 5,77 \geq 0,90 \quad \text{m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

5.5 U-Referenzwert für Nichtwohngebäude (GEG '20)

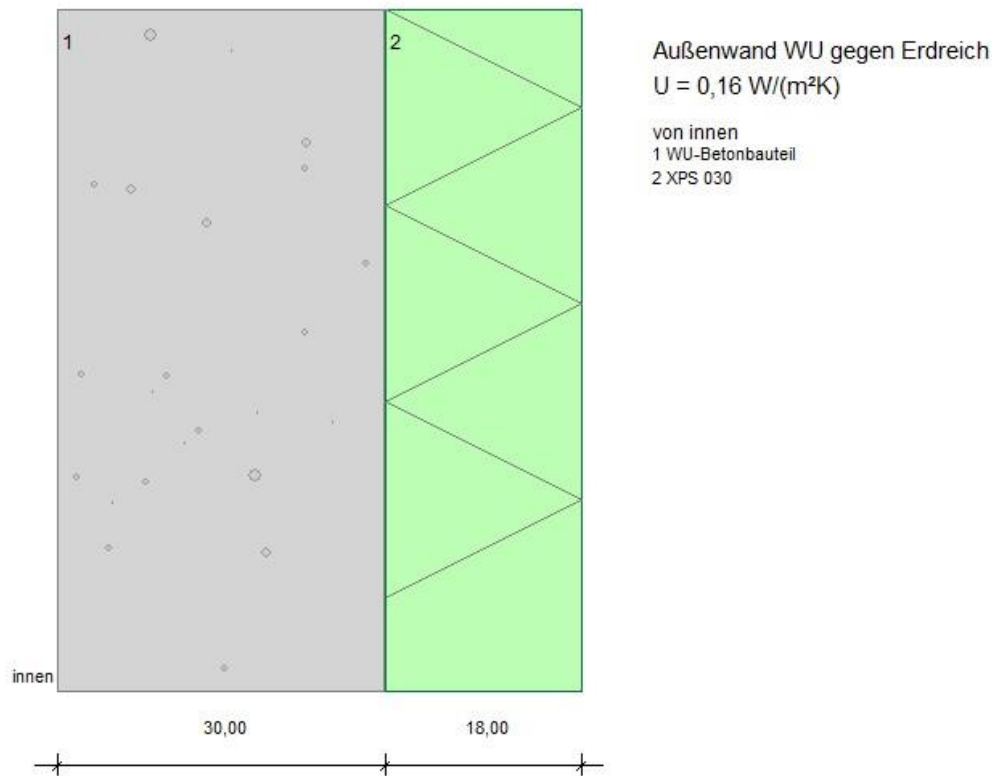
Anforderung: Referenzwert für Bodenplatten

$U \quad 0,17 \leq 0,35 \quad \text{W/(m}^2\text{K)}$ OK

6. Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerwehrhaus Lohmar-Birk

6.1 Bauteil: Außenwand WU gegen Erdreich



Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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

6.2 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 WU-Betonbauteil	30,00	2300	690,0	2,300	0,130
02 XPS 030	18,00	25	4,5	0,030	6,000
R_{se}					0,040
	d = 48,00	G =	694,5	$R_T =$	6,30

6.3 Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,159 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

6.4 U-Referenzwert für Nichtwohngebäude (GEG '20)

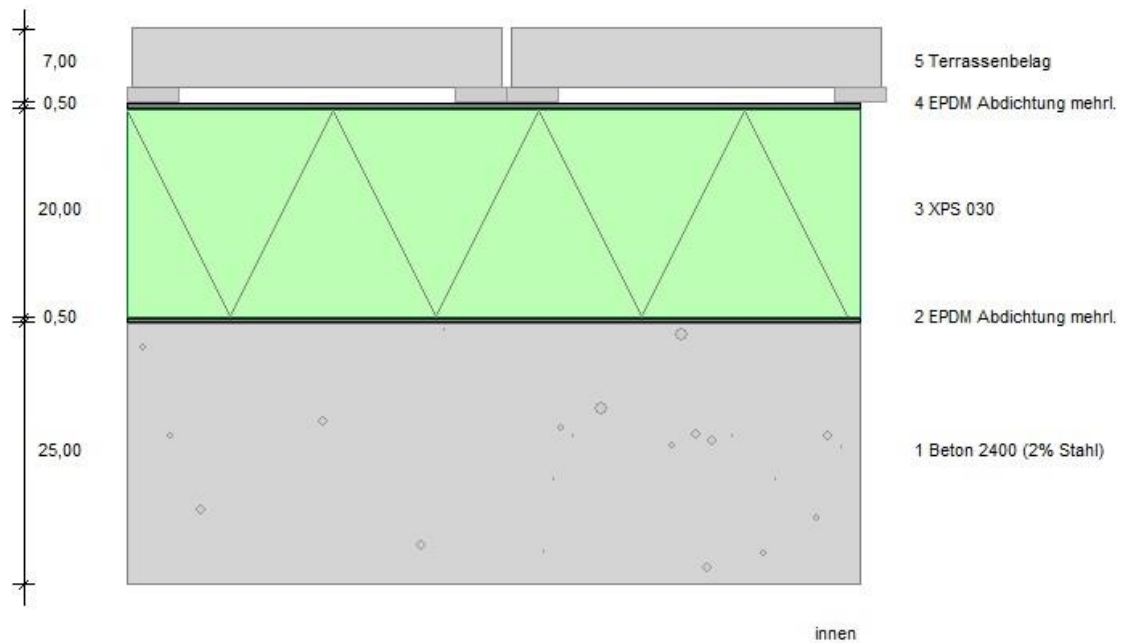
Anforderung: Referenzwert für Außenwände gegen Erdreich

$U \quad 0,16 \leq 0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \text{OK}$

7. Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerwehrhaus Lohmar-Birk

7.1 Bauteil: Flachdach Terrasse



Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft" (1)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

7.2 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 (2% Stahl)	25,00	2400	600,0	2,500	0,100
02 EPDM Abdichtung mehrl.	0,50	-	1,5	-	-
03 XPS 030	20,00	25	5,0	0,030	6,667
04 EPDM Abdichtung mehrl.	0,50	-	1,5	-	-
05 Terrassenbelag	7,00	1550	108,5	-	-
R_{se}					0,040
d =	53,00	G =	716,5	$R_T =$	6,91

7.3 Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,145 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

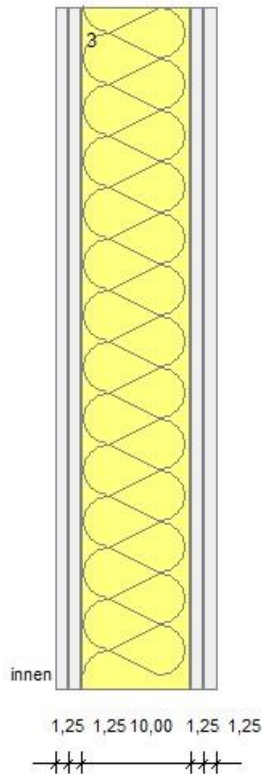
7.4 Anforderungen nach ...

Anforderung:

8. Bauteilquerschnitt

Projekt Feuerwehrhaus Lohmar-Birk

8.1 Bauteil: Trennwand ohne Anforderung



Trennwand ohne Anforderung

$$U = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

von innen

1 Gipskartonplatten nach DIN 18180

2 Gipskartonplatten nach DIN 18180

3 Mineralwolle MW 035

4 Gipskartonplatten nach DIN 18180

5 Gipskartonplatten nach DIN 18180

Bauteiltyp "Wohnungstrennwand" (6)

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

8.2 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 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,050
03 Mineralwolle MW 035	10,00	20	2,0	0,035	2,857
04 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,050
05 Gipskartonplatten nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,050
R_{se}					0,130
d =	15,00	G =	42,0	$R_T =$	3,32

8.3 Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,301 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

8.4 Anforderungen nach ...

Anforderung:

9. Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: Feuerwehrhaus Lohmar-Birk

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

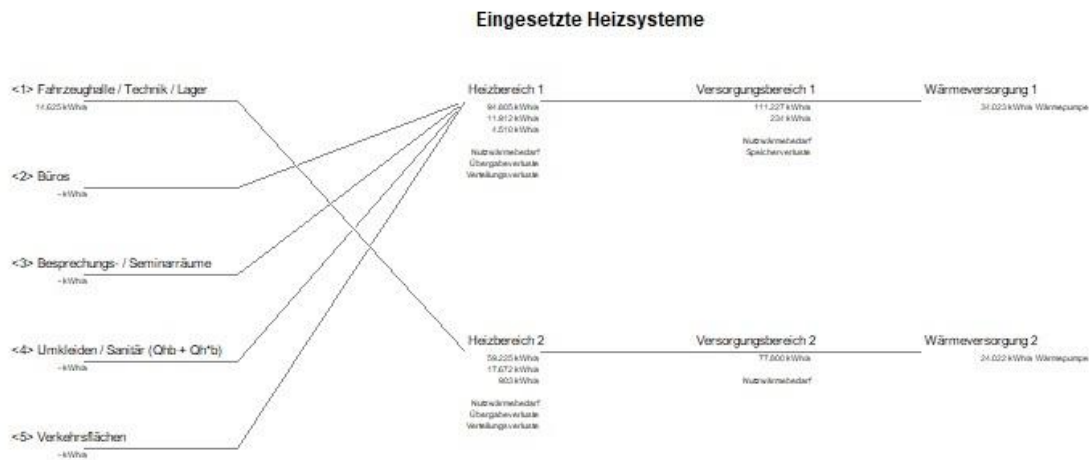
DIN EN ISO 6946:2008, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

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

9.1 Gebäudeberechnung "Gebäude"



Nachweisverfahren

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

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Referenzberechnung: Gebäude-Referenz2020.dwe

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

9.2 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> Fahrzeughalle / Technik	241 Lagerhallen,	365	12,0		665	3828
<2> Büros	202 Gruppenbüro	250	19,9	17,2	25	81
<3> Besprechungs- / Seminar	204 Besprechung,	250	19,9	17,4	412	1344
<4> Umkleiden / Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,8	287	936
<5> Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	250	20,0	17,2	62	408

Gebäude, $A_{NGF} = 1451,0 \text{ m}^2$ (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

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

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

ϑ_i Bilanz-Innentemperaturen für den Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.2

9.3 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2

Begrenzung der U-Werte (Umax-Nachweis) GEG § 19

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/ (m ² K)	F _x	Anmerkungen	H _T W/K
EG Fahrzeughalle						
1 F 0106 FD	1:0	540,7	0,114	1,00 F _D	50	61,6
2 F 0101 FAW West	1:0	87,3	0,152	1,00 FAW	50	13,3
3 F 0102 Fw Süd	1:4	106,8	0,148	0,50 F _u	44 51 08	7,9
4 T 0101 FAW West , Tü	1:0	146,9	2,000	1,00 FAW	51	293,8
5 A 0104 FF Ost	1:0	33,0	1,000	1,00 FF	51 02	33,0
6 F 0100 FG	1:0	540,7	0,168	0,60 Ffb	51 19 25 14	54,5
7 F 0104 Fbw Ost	1:0	103,0	0,159	0,75 Fwb	51 19 25 13	12,3
8 F 0105 Fbw Nord	1:0	106,8	0,159	0,75 Fwb	51 19 25 13	12,7
EG Technik Lager und Wer						
9 F 0206 FD	1:0	182,3	0,145	1,00 F _D	51	26,4
10 F 0202 Fw Süd	1:5	44,9	0,301	0,50 F _u	44 51 08	6,8
11 A 0204 FF Ost	1:0	5,5	1,000	1,00 FF	51 02	5,5
12 F 0200 FG	1:0	182,3	0,168	0,80 Ffb	51 19 26 14	24,5
13 F 0203 Fbw Süd	1:0	24,1	0,159	0,75 Fwb	51 19 26 13	2,9
14 F 0204 Fbw Ost	1:0	86,9	0,159	0,75 Fwb	51 19 26 13	10,4
15 F 0205 Fbw Nord	1:0	24,1	0,159	0,75 Fwb	51 19 26 13	2,9
EG Treppenraum und Flur						
16 F 0307 FD	5:0	14,1	0,145	1,00 F _D	51	2,0
17 F 0306 FAW Süd	5:0	33,5	0,152	1,00 FAW	51	5,1
18 A 0306 FF Süd	5:0	9,8	1,000	1,00 FF	51 02	9,8
19 T 0306 FAW Süd , Tür	5:0	11,2	2,800	1,00 FAW	51	31,4
20 F 0300 FG	5:0	65,3	0,168	0,80 Ffb	51 19 27 14	8,8
EG Umkleiden und Sanitär						
21 F 0401 Fw Süd	4:5	74,2	0,301	0,50 F _u	44 51 08	11,2
22 F 0410 Fw West	4:0	28,1	0,148	0,50 F _u	44 51 08	2,1
23 A 0401 Ff Süd	4:5	4,6	1,000	1,00 FF	44 51 02	4,6
24 A 0410 Ff West	4:0	2,1	1,000	1,00 FF	44 51 02	2,1
25 F 0400 FG	4:0	294,1	0,168	0,80 Ffb	51 19 28 14	39,5
EG Besprechung und Funkz						
26 F 0501 FAW West	3:0	12,0	0,152	1,00 FAW	51	1,8
27 F 0504 FAW Nord	3:0	37,7	0,152	1,00 FAW	51	5,7
28 A 0501 FF West	3:0	6,1	1,000	1,00 FF	51 02	6,1
29 A 0504 FF Nord	3:0	14,8	1,000	1,00 FF	51 02	14,8
30 T 0501 FAW West , Tü	3:0	3,2	2,800	1,00 FAW	51	9,1
31 F 0500 FG	3:0	91,5	0,168	0,80 Ffb	51 19 29 14	12,3
OG Büro Jugendfw						
32 F 0605 FD	2:0	31,8	0,114	1,00 F _D	51	3,6

33	F	0602	FAW Süd	2:0	15,9	0,152	1,00	FAW	51	2,4
34	F	0603	FAW Ost	2:0	16,6	0,152	1,00	FAW	51	2,5
35	F	0604	FAW Nord	2:0	23,4	0,152	1,00	FAW	51	3,6
36	A	0602	FF Süd	2:0	7,6	1,000	1,00	FF	51 02	7,6
OG gesamt										
37	F	0708	FD	3:0	351,1	0,114	1,00	FD	51	40,0
38	F	0701	FAW West	3:0	35,0	0,152	1,00	FAW	51	5,3
39	F	0702	FAW Süd	3:0	50,0	0,152	1,00	FAW	51	7,6
40	F	0705	FAW Ost	3:0	19,8	0,152	1,00	FAW	51	3,0
41	F	0707	FAW Nord	3:0	41,1	0,152	1,00	FAW	51	6,2
42	A	0701	FF West	3:0	13,0	1,000	1,00	FF	51 02	13,0
43	A	0702	FF Süd	3:0	28,1	1,000	1,00	FF	51 02	28,1
44	A	0707	FF Nord	3:0	6,3	1,000	1,00	FF	51 02	6,3
45	T	0705	FAW Ost , Tür	3:0	4,0	2,800	1,00	FAW	51	11,3

$\Sigma A [m^2] = 3.561,2$

$\Sigma H_T [W/K] = 875,3$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 1114,00 / 83,00 = 13,42 \text{ m}$

keine weiteren Bodenplatten

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).
- 08 Wärmeverluste zum unbeheizten Raum.
- 13 Wand des beheizten Kellers.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 19 Temperatur-Korrekturfaktoren F_x für untere Gebäudeabschlüsse nach DIN V 18599:2018-2, Tab.6
- 25 F_x -Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 26 F_x -Tabellenwert für das 2. Bodenplattenmaß.
- 27 F_x -Tabellenwert für das 3. Bodenplattenmaß.
- 28 F_x -Tabellenwert für das 4. Bodenplattenmaß.
- 29 F_x -Tabellenwert für das 5. Bodenplattenmaß.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,05 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 44 Transmission zu angrenzenden Gebäudezonen, Wärmeverlust mit realem Temperaturgefälle

9.3.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

$H_{T,WB} = 209,5 \text{ W/K}$ (24,7 %, 0,059 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Nachweis der Gleichwertigkeit mit Bbl.2

Mit dem Nachweis der Gleichwertigkeit der geplanten Wärmebrückendetails mit DIN 4108, Bbl.2

darf der reduzierte, pauschale Wärmebrückenzuschlag angesetzt werden

	Wärmebrücken	Relevanz	geplante Ausführung		Referenzausführung		gleichwertig	
			Bauteil	Ψ_{vorh} W/ (mK)	Katalog	No Ψ_{max} W/ (mK)		
1	KellerAW-Bodenplatte	+	AußenwandgegenE	0,00	KfW	Außen	0,00	ja
2	AW-Bodenplatte	+		0,00			0,00	ja
3	AW-Kellerdecke	-						
4	Fensterbrüstung	+		0,00			0,00	ja
5	Fensterlaibung	+		0,00			0,00	ja
6	Fenstersturz	+		0,00			0,00	ja
7	Rollladenkasten	-						
8	Fenster-Kellerdecke	-						
9	Fenster-Decke	+		0,00			0,00	ja
10	Balkonanschluss	-						
11	Geschossdecke-AW	+		0,00			0,00	ja

12	Geschossdecke-Traufe	-			
13	Geschossdecke-Giebel	-			
14	Traufe	-			
15	Ortgang	-			
16	Attika	+	0,00	0,00	ja
17	DFF oben/unten	-			
18	DFF seitlich	-			
19	Gaubenwange-Dach	-			
20	IW-Kellerdecke	-			
21	IW-Bodenplatte	-			
22	IW-Dach (decke)	-			
23		-			
24		-			
25		-			

Der Gleichwertigkeitsnachweis wird erbracht, der Wärmebrückenzuschlag $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ darf (auch nach KfW) angewendet werden.

Die Kriterien und Merkmale nach Kategorie B sind erfüllt, der Wärmebrückenzuschlag kann nach DIN V 18599-2:2018, Abs.6.2.5 auf $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ reduziert werden.

Die Wärmebrückenverluste werden mit pauschalen Zuschlägen (0.05) berechnet

9.3.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

Transferkoeffizienten	$H_{T,D}$ 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
Transmission						
<1> Fahrzeughalle / Techn	576	120	0	696	15	0
<2> Büros	24	0	0	24	0	0
<3> Besprechungs- / Semin	194	12	0	206	0	0
<4> Umkleiden / Sanitär	0	40	0	40	20	8
<5> Verkehrsflächen	55	9	0	64	0	23
	849	181		1030	35	30

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

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

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

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

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.057,9 / 3.554,5 = \mathbf{0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

9.3.3 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	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,16	1,00		
Zonen	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,24	1,00		

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

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} -33,3\%$

9.4 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (Referenzwert, Kat.I), $n_{50} = 2,00 \text{ h}^{-1}$
 Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 3*3331 / 6597 = 1,51 \text{ (Gl.68)}$

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		Luftwechsel		Fenster		Lüftungsanlage	
		h ⁻¹	V _A m ³ / (m ² h)	n _{nutz} h ⁻¹	n _{inf} h ⁻¹	n _{win} h ⁻¹	n _{m, ZUL} h ⁻¹	t _{V, m} h/d	
<1> Fahrzeughalle	-	1,62	1,00	0,17	0,11	0,10	0,71	24	
<2> Büros	-	3,55	4,00	1,23	0,25	0,50	-	-	
<3> Besprechungs-	-	1,59	15,00	4,60	0,11	2,11	-	-	
<4> Umkleiden / Sa	-	1,04	15,00	4,60	0,07	0,10	4,60	13	
<5> Verkehrsfläche	-	0,98	0,00	0,00	0,07	0,10	-	-	

⇒ WE-Betrieb ...

<2> Büros		0,00	0,00	0,25	0,10
<3> Besprechungs- / Seminarrä		0,00	0,00	0,11	0,10
<4> Umkleiden / Sanitär		0,00	0,00	0,07	0,10
<5> Verkehrsflächen		0,00	0,00	0,07	0,10

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 2702 / 2702 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert

Zone <4> RLT-Anlage (003) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 4307 / 4307 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

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

$n_{\text{inf}} = n_{50} * e_{\text{wind}} * f_{\text{ATD}} * (1 + (1 - f_e) * t_{V, \text{mech}} / 24)$ 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 = $n_{\text{win, min}} + \Delta n_{\text{win, mech}} * t_{V, \text{mech}} / 24$

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 2 / 3 /

$\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0.2) * n_{\text{inf}} - 0.1$ (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, Jan} W/K	H _{V, inf} W/K	H _{V, win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V, mech} W/K	$\vartheta_{V, \text{Jan}}$ °C
<1> Fahrzeughalle /	3.828	0	147	130	278	919	2,4
<2> Büros	81	0	7	14	21	0	
<3> Besprechungs- /	1.344	0	51	966	1.016	0	
<4> Umkleiden / Sani	936	0	23	32	55	793	20,0
<5> Verkehrsflächen	408	0	10	14	23	0	

0 238 1155 1393 1712

⇒ WE-Betrieb ...

<2> Büros		0	7	3	10
<3> Besprechungs- / Seminar		0	51	46	97
<4> Umkleiden / Sanitär		0	23	32	55
<5> Verkehrsflächen		0	10	14	23

0 90 94 185

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

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

$H_{V,win,ohne\ RLT} = f_{win,seasonal} * H_{V,win} = (0.04 * \theta_e + 0.8) * H_{V,win} [W/K]$ (Fensterlüftung saisonal)
 $\Sigma H_V = H_{V,z,Jan} + H_{V,inf} + H_{V,win}$, Transferkoeffizienten ohne RLT
 ϑ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"
 Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

9.5 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

9.5.1 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
5 A 0104 FF Ost	1	23,13	25/ 138	44/ 44 7100	6,1/ 33,5
11 A 0204 FF Ost	1	3,88	25/ 138	44/ 44 "	1,0/ 5,6
18 A 0306 FF Süd	5	6,82	59/ 113	44/ 44 "	4,2/ 8,1
23 A 0401 Ff Süd	4	3,23	59/ 113	44/ 44 "	2,0/ 0,0
24 A 0410 Ff West	4	1,46	17/ 117	44/ 44 "	0,3/ 1,8
28 A 0501 FF West	3	4,28	17/ 117	44/ 44 "	0,8/ 5,3
29 A 0504 FF Nord	3	10,38	10/ 81	44/ 44 "	1,1/ 8,8
36 A 0602 FF Süd	2	5,29	59/ 113	44/ 44 "	3,3/ 6,3
42 A 0701 FF West	3	9,07	17/ 117	44/ 44 "	1,6/ 11,1
43 A 0702 FF Süd	3	19,66	59/ 113	44/ 44 "	12,2/ 23,3
44 A 0707 FF Nord	3	4,40	10/ 81	44/ 44 "	0,5/ 3,7
91,70					33/ 108

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

Sonnenschutz-Aktivierung $f = \text{feststehend}$, $m = \text{manuell}$, $z = \text{zeitgesteuert}$, $s = \text{strahlungsabhängig}$

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

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

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

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

9.5.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

nicht bilanziert

9.5.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
<1> Fahrzeughä	706	483	170	105	220	230	598	8.355
<2> Büros	205	183	65	50	102	73	169	1.938
<3> Besprechun	1.284	1.002	382	267	499	444	1.037	13.220
<4> Umkleiden	36	22	9	5	8	10	29	401
<5> Verkehrsfl	264	235	84	64	131	94	218	2.500

	2.496	1.926	709	492	960	852	2.049	26.414
--	-------	-------	-----	-----	-----	-----	-------	--------

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

Zone	A_B m ²	$q_{I,p}$ kWh/d	$q_{I,fac}$ kWh/d	$Q_{I,g}$ kWh/d	Q_I kWh/d
<1> Fahrzeughalle / Technik	675	-	-	0,0	0,0
<2> Büros	25	0,8	1,1	0,0	1,8
<3> Besprechungs- / Seminarr	408	37,9	3,3	0,0	41,2
<4> Umkleiden / Sanitär	265	-	-	0,0	0,0
<5> Verkehrsflächen	57	-	-	0,0	0,0
⇒ WE-Betrieb ...					
<2> Büros		-	-	0,0	0,0
<3> Besprechungs- / Seminarr		-	-	0,0	0,0
<4> Umkleiden / Sanitär		-	-	0,0	0,0
<5> 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> Fahrzeughalle / Technik /	0,0	16,0	0,2	0,0	0,0
<2> Büros	0,0	0,8	0,4	0,0	0,0
<3> Besprechungs- / Seminarrä	0,0	17,7	6,4	0,0	0,0
<4> Umkleiden / Sanitär	0,0	5,1	4,4	0,0	0,0
<5> Verkehrsflächen	0,0	0,5	1,0	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

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

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

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

9.7 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

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

Zone	ΣH_T W/K	ΣH_V W/K	$\Sigma H_{V,mech}$ W/K	Q_{sink} kWh/d	Q_{source} kWh/d	γ
<1> Fahrzeughalle / Technik	696	278	919	469	26	0,056
<2> Büros	24	21	0	22	6	0,294
<3> Besprechungs- / Seminarr	206	1017	0	571	84	0,147
<4> Umkleiden / Sanitär	40	55	793	56	11	0,197
<5> Verkehrsflächen	64	23	0	44	6	0,134
Zone	C_{wirk} Wh/(m ² K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
<1> Fahrzeughalle / Technik	50	1907	17,42	2,09	0,998	
<2> Büros	50	45	27,46	2,72	0,974	0,991

<3> Besprechungs- / Seminarr	50	1223	16,86	2,05	0,983	1,000
<4> Umkleiden / Sanitär	50	908	15,82	1,99	0,968	1,000
<5> Verkehrsflächen	50	87	35,67	3,23	0,999	0,998

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

ΣH_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

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

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

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

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

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

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

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

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

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

9.8 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

9.8.1 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	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
$T_{i, 2}$	°C	19,9	20,0	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i, 3}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i, 4}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i, 5}$	°C	20,0	20,0	20,2	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,1	20,0
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
$T_{i, 2}$	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i, 3}$	°C	17,4	17,6	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	19,0	18,0	17,4
$T_{i, 4}$	°C	17,8	17,9	18,4	19,1	19,9	20,3	20,7	20,6	19,9	19,2	18,3	17,8
$T_{i, 5}$	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2

9.8.2 Zone <1> Fahrzeughalle / Technik / Lager

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 (100,0%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 12,0$ °C und $Q_i = 0,0$ kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		-	0,899	0,996	0,998	0,998	0,997	0,988	0,560
t_h	h	-	744	720	744	744	672	744	5.058
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	1.591	9.104	13.978	13.724	11.221	8.152	59.225

$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_T	kWh	-91	1.203	3.874	5.662	5.610	4.645	3.692	25.528
Q_V	kWh	-2.448	1.268	5.879	8.924	8.835	7.256	5.541	19.099
Q_S^*	kWh	-	435	169	105	219	230	591	2.695
Q_I^*	kWh	-	446	479	502	501	451	490	3.269

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

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

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

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

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

9.8.3 Zone <2> Büros

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9^\circ\text{C}$ und $Q_I = 1,8 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,700	0,854	0,977	0,987	0,974	0,979	0,929	0,756
$\eta_{source,WE}$		0,584	0,853	0,995	0,999	0,991	0,994	0,942	0,709
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	38	22	21	22	22	20	22	325
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.563
$Q_{h,b,RE}$	kWh	43	115	274	359	326	290	213	1.810
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	3	63	90	74	67	32	329
Q_T	kWh	107	189	269	331	329	284	268	2.219
Q_V	kWh	76	135	192	236	235	203	192	1.585
Q_S^*	kWh	136	156	64	49	100	72	157	1.297
Q_I^*	kWh	38	50	61	68	65	57	57	539

9.8.4 Zone <3> Besprechungs- / Seminarräume

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9^\circ\text{C}$ und $Q_I = 41,2 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,859	0,949	0,980	0,986	0,983	0,983	0,968	0,843
$\eta_{source,WE}$		0,811	0,990	1,000	1,000	1,000	1,000	0,997	0,781
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	344	639	354	365	365	330	365	3.867
t_h	h	493	510	720	744	744	672	744	6.542
$Q_{h,b,RE}$	kWh	2.340	5.496	8.392	10.572	10.385	8.930	7.951	62.826
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	473	711	633	527	256	2.599
Q_T	kWh	901	1.599	2.274	2.795	2.781	2.399	2.266	18.752
Q_V	kWh	3.293	5.839	8.305	10.206	10.156	8.760	8.277	68.487
Q_S^*	kWh	1.084	964	377	264	494	439	1.013	9.913
Q_I^*	kWh	1.064	1.259	1.338	1.454	1.425	1.262	1.323	13.371

9.8.5 Zone <4> Umkleiden / Sanitär

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,8\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,918	0,967	0,968	0,967	0,968	0,968	0,967	0,918
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	134	228	246	254	254	230	254	2.169
t_h	h	493	510	720	744	744	672	744	6.330
$Q_{h,b,RE}$	kWh	295	718	842	917	919	818	856	6.161
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	61	115	113	88	48	426
Q_T	kWh	222	356	482	583	580	502	482	4.177
Q_V	kWh	220	537	631	699	697	618	643	2.594
Q_S^*	kWh	34	22	9	5	8	10	28	370
Q_I^*	kWh	123	159	201	244	238	204	193	1.876

9.8.6 Zone <5> Verkehrsflächen

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,917	0,982	0,999	1,000	0,999	0,999	0,993	0,921
$\eta_{source,WE}$		0,876	0,972	0,999	1,000	0,998	0,999	0,990	0,873
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	34	55	53	55	55	50	55	610
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.563
$Q_{h,b,RE}$	kWh	154	389	684	850	802	708	595	4.845
$Q_{h,b,WE}$	kWh	12	71	193	257	234	207	151	1.184
Q_T	kWh	318	532	736	896	892	771	736	6.244
Q_V	kWh	102	181	258	317	315	272	257	2.126
Q_S^*	kWh	239	231	84	64	131	94	216	2.196
Q_I^*	kWh	16	23	33	42	41	35	31	284

9.8.7 Summe Heizwärmebedarf

	Q_T kWh/a	Q_V kWh/a	Q_S^* kWh/a	Q_I^* kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/(m² a)
<1> Fahrzeughalle /	25.529	19.099	2.695	3.269	59.225	89,1
<2> Büros	2.219	1.585	1.297	540	2.139	86,5
<3> Besprechungs- /	18.752	68.487	9.913	13.371	65.426	158,7
<4> Umkleiden / San	4.177	2.594	370	1.876	6.587	22,9
<5> Verkehrsflächen	6.244	2.126	2.196	284	6.029	97,0
	56.921	93.892	16.470	19.340	139.406	96,1

9.9 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

9.9.1 Gewählte RLT-Anlagen

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ °C
<1> Fahrzeughalle / Technik	-	000		2,4
<4> Umkleiden / Sanitär	-	003 RLT-Anlage	VE LH rec60	20,0

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 2702 / 2702 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert

Zone <4> RLT-Anlage (003) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 4307 / 4307 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit} / \text{ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

RLT-Anlagen nach DIN V 18599-3, Tabellen A.2 bis A.13 mit den Anlagenkomponenten

VE = Ventilator, LH = Luftheizer, LK = Luftkühler, LBv / LBd = Verdunstungsbefeuchter / Dampfbefeuchter

rec..% = Anlage mit ..% Wärmerückgewinnung, rec+ = Rückgewinnung Wärme + Feuchte

θ_{SUP} mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab. 5/6

9.9.2 Strombedarf der Ventilatoren

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	$P_{V, \text{SUP}}$ kW	$P_{V, \text{ETA}}$ kW	W_V, Jan kWh
<1> Fahrzeughalle / Technik	2702	744	0,00	0,00	-
<4> Umkleiden / Sanitär	4307	276	1,79	1,20	826

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<4> Umkleiden /	799	826	799	826	826	746	826	9.720
	799	826	799	826	826	746	826	9.720

$V_{\text{mech, m}}$ = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen

$t_V \cdot d_V$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = $\text{h/Tag} \cdot \text{Tage} \cdot \text{Nutzungsanteil im Regelbetrieb}$

$P_{V, \text{SUP}} / P_{V, \text{ETA}}$ = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

9.9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

Energiebedarfskennwerte für den Standort Deutschland (Potsdam)

Kennwerte für Zuluftvorwärmung im Januar

	θ_{HC} °C	$q_{H, 12h}$ Wh/m^3	f_H	q_H Wh/m^3	$Q_{V, H}$ kWh	$A_{K, A}$ m^2
<4> Umkleiden / Sanitär	21,4	762	1,01	571	2.460	0,0

Indizierungen (i) für die Bilanzgrößen: H = Heizen, C = Kühlen, St = Befeuchten

θ_{HC} = korrigierte, mittlere Zulufttemperatur (berücksichtigt unterschiedliche Ventilatorabwärme)

$q_{i, 12h} / q_i$ = Kennwerte für den Nutzenergiebedarf = $F(\text{Anlage-No, Bilanzgröße, Monat})$ nach Anhang A

f_i = Korrekturfaktor für die tägliche Anlagenbetriebszeit nach Gl.37

$Q_{V, i}$ = monatlicher Nutzenergiebedarf für die Bilanzgröße i

$A_{K, A}$ = Oberfläche der Luftleitungen außerhalb der thermischen Hülle

9.9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

Zone <4> Umkleiden / Sanitär

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V, H}$ kWh	462	930	1.504	2.179	2.460	1.985	1.636	13.295
$t_{h^*, op}$ h	27	28	27	28	28	25	28	325
$Q_{h^*, b}$ kWh	508	1.023	1.655	2.397	2.706	2.184	1.800	14.625

	508	1.023	1.655	2.397	2.706	2.184	1.800	14.625
Nutzwärmebedarf $Q_{V,H}$ nach Heizbereichen [kWh]								
	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
1 Fußbodenheizu	508	1.023	1.655	2.397	2.706	2.184	1.800	14.625
	508	1.023	1.655	2.397	2.706	2.184	1.800	14.625

Wärmeerzeugung siehe Abs.13 Heizsysteme

mit $Q_{V,H}$ = Nutzwärmebedarf der Zuluftvorwärmung, $t_{h*,op}$ = Bedarfszeit der Heizregister und $Q_{h*,b}$ = Nutzwärmebedarf der Heizregister

$t_{h*,op} = t_{H,r} * t_{V,mech} * dV_{mech} * b_{bv,mth} / b_{vh,a, max.} t_{V,mech} * dV_{mech,m}$ (DIN V 18599-7, Gl.4)

$Q_{h*,b}$ nach DIN V 18599-7, Gl.1, Übergabeverluste pauschal 10% (5.4.2)

Leitungsverluste mit $A_{K,A}$ und $f_{vh,d} = 16 \text{ W/m}^2$

9.9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

nicht vorgesehen

9.9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

9.10 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

9.10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (12), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

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

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone		E_m lx	AT_L m ²	AR_B m ²	Tageslicht	CT_L %
1 A 0104 Fbw Ost	Ost	1	150	4,5	33,0	gut	93
2 A 0204 Fbw Ost	Ost	1	150	4,5	5,5	gut	93
3 A 0306 FAW Süd	Süd	5	100	33,4	9,8	gut	86
4 A 0404 FAW Süd	Süd	4	200	89,0	12,8	gering	75
5 A 0405 FAW Ost	Ost	4	200	25,1	5,2	mittel	80
6 A 0501 FAW West	West	3	500	14,7	6,1	gut	85
7 A 0504 FAW Nord	Nord	3	500	54,8	14,8	gut	77
8 A 0602 FAW Süd	Süd	2	500	27,5	7,6	gut	81
9 A 0701 FAW West	West	3	500	38,8	13,0	gut	82
10 A 0702 FAW Süd	Süd	3	500	87,6	28,1	gut	82
11 A 0706 Fw Nord	Nord	3	500	4,5	3,5	gut	92
12 A 0707 FAW Nord	Nord	3	500	36,0	6,3	mittel	69

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	AT_L [m ²]	AK_{TL} [m ²]
<1> Fahrzeughalle / Tech	665	9	656
<2> Büros	25	28	-3
<3> Besprechungs- / Semi	412	236	176
<4> Umkleiden / Sanitär	287	114	173
<5> Verkehrsflächen	62	33	29

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)
 $Tageslichtquotient DR_b = \max[(4.13 + 20 \cdot I_{Tr} - 1.36 \cdot I_{Rt}) \cdot I_v; 0]$ (Gl.30),
 bei Dachoberlichtern $D_j = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k \cdot ARB / ATL \cdot \eta_R$ (Gl. 35), mit D_a = Außentageslichtquotient nach Tab.17, η_R = Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19
 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

9.10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich				CTL	CTL, kon	FTL	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun
							%	%	%	%	%	%
1	A	0104	Fbw Ost	1	93	60	52	46	41	37	35	35
2	A	0204	Fbw Ost	1	93	60	53	46	41	37	35	35
3	A	0306	FAW Süd	5	86	60	56	50	45	42	40	39
4	A	0404	FAW Süd	4	75	50	68	64	60	58	56	56
5	A	0405	FAW Ost	4	80	55	63	57	53	51	49	49
6	A	0501	FAW West	3	85	57	59	53	49	46	44	43
7	A	0504	FAW Nord	3	77	57	62	57	53	51	49	48
8	A	0602	FAW Süd	2	81	57	61	55	51	48	46	46
9	A	0701	FAW West	3	82	57	60	54	50	47	46	45
10	A	0702	FAW Süd	3	82	57	60	54	50	47	45	45
11	A	0706	Fw Nord	3	92	57	55	49	44	41	39	38
12	A	0707	FAW Nord	3	69	52	70	65	62	60	59	58

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

CTL_{kon} = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25
 FTL = Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Betriebszeitanteil Kunstlicht) nach Gl.39
 $FTL = \max[1 - v_{Monat} \cdot CTL \cdot CTL_{kon}; 0]$, Verteilungsschlüssel v_{Monat} nach Tab.26 / 27

9.10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (5)
 Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E_m lx	Lampen	p_j W/m ²	$f_{Prä}$	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{l,b}$ kWh/m
1 <1> Fahrzeughalle	1	150	9-1-1	3,5	0,70	136	3085	3047	1241
2 <2> Büros	2	500	9-1-1	6,5	0,85	112	2162	176	23
3 <3> Besprechungs-	3	500	9-1-1	6,6	0,75	100	1907	155	376
4 <4> Umkleiden / S	4	200	9-1-1	3,6	0,55	80	1399	114	107
5 <5> Verkehrsfläch	5	100	9-1-1	1,8	0,60	73	1526	124	11
									1758

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, $A_{KL} = 1.435 \text{ m}^2$
 Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

9.10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung $Q_{l,f}$

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> Fahrzeughalle	480	496	481	497	496	448	496	5.843
<2> Büros	13	15	16	18	16	13	14	168
<3> Besprechun	342	366	369	396	376	328	353	4.226

<4> Umkleiden	100	105	104	111	107	95	103	1.227
<5> Verkehrsfl	10	11	11	12	11	10	10	122
	945	993	980	1.033	1.007	894	977	11.585

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 = $p_j \cdot [ATL \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + AKTL \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)

$Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{l,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

9.11 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

9.11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> Fahrzeughalle / Technik	165	58	0,352	50,000	17,42	0,924
<2> Büros	3	9	2,691	50,000	27,46	0,356
<3> Besprechungs- / Seminarr	88	110	1,246	50,000	16,86	0,596
<4> Umkleiden / Sanitär	8	7	0,775	50,000	15,82	0,746
<5> Verkehrsflächen	8	9	1,107	50,000	35,67	0,723

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
$\Rightarrow Q_{C,b}$ (Raumklima)								
<1> Fahrzeughalle	-	-	1	2	10	29	67	344
<2> Büros	1	2	2	10	40	66	88	540
<3> Besprechun	15	19	17	47	142	322	547	3.194
<4> Umkleiden	1	1	1	1	3	30	118	696
<5> Verkehrsfl	-	0	-	1	7	15	27	172

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

9.11.2 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> Fahrzeughalle / Technik	24	6,9	-3,2	nein
<2> Büros	13	1,5	1,7	nein
<3> Besprechungs- / Seminar	13	16,3	11,3	nein
<4> Umkleiden / Sanitär	13	1,5	-1,8	nein
<5> Verkehrsflächen	13	1,8	1,9	nein
		28,0	9,9	

$Q_{C,max} = 0.8 * (Q_{source} - Q_{sink}) * (1 + 0.3 * \exp(-\tau/120)) - c_{wirk}/60 * (\Delta\theta - 2) + c_{wirk}/40 * (12 / t_c - 1) (T_2, C.1)$
mit $t_{c,op,d}$ = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und $\Delta\theta$ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

9.12 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

9.12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/M
<1> Fahrzeughalle /	nicht relevant			-
<2> Büros	nicht relevant			-
<3> Besprechungs- /	nicht relevant			-
<4> Umkleiden / Sani	nicht relevant			-
<5> Verkehrsflächen	nicht relevant			-

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

9.13 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

9.13.1 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} m³/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
<1> Fahrzeughalle / Technik	16,7	3,3	2718	22,2	42,2
<2> Büros	0,8	0,3	0	0,0	1,1
<3> Besprechungs- / Seminar	6,6	16,3	0	0,0	22,9
<4> Umkleiden / Sanitär	1,3	0,9	4306	18,7	20,9
<5> Verkehrsflächen	2,0	0,4	0	0,0	2,4

$Q_{T,max}$ = Heizleistung zur Deckung der Transmissionswärmeverluste inklusive Wärmebrücken. Wärmetransfer zu benachbarten

Zonen $Q_{T,iz}$ temperaturgewichtet mit $T_{i,min,H}$.

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

$V_{mech} = \eta_{mech,ZUL} * V$ = 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)

$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + 0.5 * Q_{V,max} + Q_{V,mech}$ = erforderliche Heizleistung in der Gebäudezone (T2 Gl.B.4)

9.13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Fußbodenheizung Nasssystem		2/3/4/5/	94.805	47,3	98,4
2 Hallenheizung Fußbodenheizung		1/	59.225	42,2	46,4
3					

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

<2> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Mindestdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$, $\Delta\theta_{emb} = 1,0^\circ\text{K}$, $\theta_{str} = 0,1\text{ K/m}$, $\Delta\theta_{str} = 0,11^\circ\text{K}$, P-Regler nicht zertifiziert

RLT-Heizregister im Heizbereich $\Rightarrow Q_{h,b} = Q_{h,b} + Q_{h^*,b}$ enthält Nutzwärmebedarf für das Heizregister
Übergabe- und Verteilungsverluste für $Q_{h^*,b}$ siehe "RLT-Systeme"

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b}, <1>$	kWh	2.844	6.792	10.981	13.872	13.485	11.637	10.103	80.180
$Q_{h^*,b}, <1>$	kWh	508	1.023	1.655	2.397	2.706	2.184	1.800	14.625
$Q_{h,b}, <2>$	kWh	-	1.591	9.104	13.978	13.724	11.221	8.152	59.225

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

9.13.3 Heizzeiten

(1) Bereich "Fußbodenheizung Nasssystem", Leitzone <2> Büros

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <2>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.563
$t_{h,rL,d} <2>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <2>$	d/m	21	23	24	26	26	23	25	242
$t_{h,rL} <2>$	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.637

(2) Bereich "Hallenheizung Fußbodenheizung", Leitzone <1> Fahrzeughalle / Technik / Lager

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	-	744	720	744	744	672	744	5.058
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	24	24	24	24	24	24	24	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	-	31	30	31	31	28	31	211
$t_{h,rL} <1>$	h/m	-	744	720	744	744	672	744	5.058

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = 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

9.13.4 Heizwärmeübergabe

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

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

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

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,9%)

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

(2) Hallenheizung Fußbodenheizung

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Minstdämmung, Bedeckung $\leq 10\text{cm}$, $\Delta\vartheta_{emb} = 1,0^\circ\text{K}$, $\vartheta_{str} = 0,1\text{ K/m}$, $\Delta\vartheta_{str} = 0,11^\circ\text{K}$, P-Regler nicht zertifiziert

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = 0,2+1,0+0,1113+1,2 = 2,51^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (29,8%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: nicht vorhanden, $f_{h,ce,aux} = 0$

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
-------	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

$Q_{h,b}$	kWh	2.844	6.792	10.981	13.872	13.485	11.637	10.103	80.180
$Q_{h,ce}$	kWh	897	1.248	1.373	1.458	1.425	1.287	1.310	11.912

(2) Hallenheizung Fußbodenheizung

$Q_{h,b}$	kWh	-	1.591	9.104	13.978	13.724	11.221	8.152	59.225
$Q_{h,ce}$	kWh	-	1.591	2.893	3.161	3.132	2.789	2.803	17.672

$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	3.741	11.221	24.351	32.468	31.765	26.934	22.368	168.990
---------------------	-----	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------

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

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

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

9.13.5 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 "1 Wohnen, Büro, Hotels", Netztyp 3 Steigestrangtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 1430,5 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 2 Geschosse.

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

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 67 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe Δp konstant, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt

(2) Hallenheizung Fußbodenheizung

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "5 Werkhallen, Werkstätten", Netztyp 2 Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 664,6 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 5,65 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 35 \text{ °C} / \theta_{RA} = 28 \text{ °C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 12,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 40 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe , P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Fußbodenheizung Nasssystem			
Leitungslängen l_i	325,2 m	194,6 m	357,6 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
(2) Hallenheizung Fußbodenheizung			
Leitungslängen l_i	135,7 m	10,4 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									
$\beta_{h,d}$		0,11	0,23	0,36	0,44	0,42	0,41	0,32	
$\theta_{VL,av}$	°C	22,9	24,7	26,6	27,6	27,4	27,2	26,0	
$\theta_{RL,av}$	°C	21,9	22,8	23,8	24,3	24,2	24,1	23,5	
$Q_{h,d}$	kWh	257	377	591	775	760	646	561	4.510
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	92	162	283	386	376	317	262	2.215

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 2,7 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 1,3 \%$

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

(2) Hallenheizung Fußbodenheizung									
$\beta_{h,d}$		-	0,10	0,39	0,55	0,54	0,49	0,35	
$\theta_{VL,av}$	°C	12,0	14,9	21,9	25,3	25,1	24,1	20,8	
$\theta_{RL,av}$	°C	12,0	14,0	18,9	21,2	21,1	20,4	18,1	
$Q_{h,d}$	kWh	-	18	145	213	210	173	130	903
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	-	-11	1	6	6	4	-1	-5

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

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)

9.13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) Fußbodenheizung Nasssystem									
Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}^*$	kWh	4.505	9.439	14.600	18.501	18.375	15.753	13.774	111.227
(2) Hallenheizung Fußbodenheizung									
Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	-	3.199	12.142	17.352	17.065	14.183	11.085	77.800

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

9.13.7 Heizwärmepufferspeicher

Heizbereiche (1)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 500$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 13,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 3,3$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 83$ 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	26	27	27	27	25	
$Q_{h,s}$	kWh	–	30	34	37	37	33	34	234
$W_{h,s}$	kWh	5	17	26	32	32	28	24	189

9.13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

9.13.9 Heizungswärmepumpen

Heizbereiche (1) (2)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010

Heizungswärmepumpe, 44,3 kW

Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand COP = 3,84 bei A7/W45

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

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

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

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

Nachheizung mit elektrischem Heizstab

(2) Hallenheizung Fußbodenheizung

Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010

Heizungswärmepumpe, 44,3 kW

Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand COP = 3,84 bei A7/W45

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

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

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

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

Nachheizung mit elektrischem Heizstab

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

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} = 3,54

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	4.505	9.470	14.634	18.539	18.412	15.787	13.808	111.461
COP		4,67	4,00	3,67	3,44	3,47	3,47	3,67	
$t_{ON,g,d}$	h/d	3,4	7,2	12,2	15,5	15,0	14,7	11,3	
$Q_{h,f}$	kWh	1.130	2.464	4.051	5.194	5.034	4.484	3.860	30.485
$Q_{h,f,bu}$	kWh	–	108	211	992	1.414	604	166	3.538
$Q_{h,f,sum}$	kWh	1.130	2.572	4.262	6.186	6.448	5.088	4.027	34.023
$Q_{h,in}$	kWh	3.376	6.898	10.371	12.353	11.965	10.699	9.781	77.439

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl_{HZg} = 3,45

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,outg}	kWh	-	3.199	12.142	17.352	17.065	14.183	11.085	77.800
COP		4,67	4,00	3,67	3,44	3,47	3,47	3,67	
t _{ON,g,d}	h/d	-	2,5	10,3	14,7	14,2	13,4	9,2	
Q _{h,f}	kWh	-	851	3.413	4.945	4.766	4.105	3.155	21.989
Q _{h,f,bu}	kWh	-	-	27	677	1.019	310	-	2.033
Q _{h,f,sum}	kWh	-	851	3.441	5.622	5.785	4.414	3.155	24.022
Q _{h,in}	kWh	-	2.349	8.701	11.730	11.280	9.769	7.929	53.779

9.13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

nicht vorgesehen

9.13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,f}	kWh	1.130	3.423	7.703	11.807	12.233	9.502	7.182	58.044
W _h	kWh	6	17	26	33	32	28	24	189
eco-Strom	kWh	1.130	3.423	7.703	11.807	12.233	9.502	7.182	58.044
Q _{I,h,<1>}	kWh/d	-	-	0,0	0,2	0,2	0,1	-	
Q _{I,h,<2>}	kWh/d	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	
Q _{I,h,<3>}	kWh/d	1,6	2,7	4,9	6,5	6,4	5,9	4,4	
Q _{I,h,<4>}	kWh/d	1,1	1,9	3,4	4,5	4,4	4,1	3,1	
Q _{I,h,<5>}	kWh/d	0,2	0,4	0,7	1,0	1,0	0,9	0,7	

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

9.14 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

9.14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen

Stromangebot aus Photovoltaikanlage

Strom im örtlichen Zusammenhang erzeugt, vorrangig im Gebäude genutzt

Jahresstromproduktion gemäß Angaben der Fachplanung TGA gemäß DIN 15316-4-6

1. Modul: Neigung 10°, Ausrichtung West, 161,8 m²

2. Modul: Neigung 10°, Ausrichtung Ost, 161,8 m²

Strombedarf für Heizwärme Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	2.880	5.258	9.508	13.699	14.097	11.170	9.009	79.538
Stromangebot	kWh	4.382	2.657	1.070	587	1.001	1.518	3.347	50.485

anrechenbar	kWh	2.880	2.657	1.070	587	1.001	1.518	3.347	26.978
-------------	-----	-------	-------	-------	-----	-------	-------	-------	--------

Jahres-Stromproduktion = 50.485 kWh/a, Strombedarf = 79.538 kWh/a, anrechenbar = 26.978 kWh/a

9.14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
eco-Strom	Heizwärme	1/2/3/4/5/	58.044	1,80	1,00	104.480
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/5/	11.585	1,80	1,00	20.853
Strom-Mix	Hilfsenergie		9.909	1,80	1,00	17.835
Strom-Mix	Stromgutschrift		-26.978	1,80	1,00	-48.560
Σ [kWh/Jahr]			52.560			94.608

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 94.608 / 1.451 = 65,2$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.451$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 52.560 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 6,8 kWh/(m²a), eco-Strom 40,0 kWh/(m²a), Strom-Mix 8,0 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -18,6 kWh/(m²a)

9.14.3 Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m²a)
eco-Strom	58.044	560	32.505	
Strom-Mix	11.585	560	6.488	
Strom-Mix	9.909	560	5.549	
Strom aus PV	-	560	-15.108	
	79.538		29.434	20,3

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom = - 44541,2 / 79538,0 * 26978 = -15.108 kWh/a (GEG A9, Abs.1g)

9.14.4 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> Fahrzeughalle	665	-	5.843	-	-	24.022	29.865
<2> Büros	25	-	168	-	-	910	1.079
<3> Besprechungs-	412	-	4.225	-	-	27.761	31.986
<4> Umkleiden / S	287	-	1.227	-	-	2.797	4.024
<5> Verkehrsfläch	62	-	122	-	-	2.560	2.682
Gebäude	1.451	-	11.585	-	-	58.048	69.633

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

9.14.5 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

RLT kWh/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
----------------	----------------------	------------------	-----------------------	--------------------	------------------

Nutzenergiebedarf	6,7	8,0	0,0	0,0	106,2	120,8
Endenergiebedarf	6,7	8,0	0,0	0,0	40,1	54,8
Primärenergiebedarf	12,1	14,4	0,0	0,0	72,2	98,7

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

9.15 Nachweise

für ein neu errichtetes Gebäude

Referenzberechnung = "Gebäude-Referenz2020"

9.15.1 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**

9.15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 18

zul $q_{P,REF} = 193,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, aus der Referenzberechnung

zul $q_P = 193,2 - 45\% = 106,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, geforderte Unterschreitung nach GEG §18 und GEG-Novelle 2023 / 2024

vorh $q_P = 94.608 / 1451,0 = 65,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

vorh $q_P = 65,2 \leq 106,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, **Grenzwert wird eingehalten**

9.15.3 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

Nachweis 65% Erneuerbare (Entwurf)

Anforderungen an die Heizungsanlage nach GEG 2024, §71

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

benötigte Wärme im Gebäude 58.044 kWh/a

genutzte erneuerbare Energien

1. aus thermischen Solaranlagen	- kWh/a
2. aus elektrischen Wärmepumpen	58.044 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	58.044 kWh/a	100 %
----------------------------	--------------	-------

erzielter Deckungsanteil für erneuerbare Energie $DA_{EE} = 58044,0/58044,3 \cdot 100 = 100\%$ (Bbl.2 Gl.5)

Korrektur für Zeile 2 = 58044

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

9.16 Bundesförderprogramme (BEG)

Bundesförderprogramme für den Neubau von Nichtwohngebäuden

Technische Mindestanforderungen zum Programm:

KFW-Förderprogramme für den klimafreundlichen Neubau von Nichtwohngebäuden ab 1.3.2023,

Effizienzgebäude EG40, $GWP_{100} \leq$ Grenzwert $\text{kg CO}_2 \text{ Äqu.}/(\text{m}^2 \text{ a})$ (LCA, projektspezifisch)

Referenzberechnung = "Gebäude-Referenz2020"

Endenergieeinsparung	86.812 kWh/a
Primärenergieeinsparung	59.545 kWh/a
CO2-Einsparung	7.516 kg/a

	Primärenergiebedarf	----- mittlere U-Werte -----					
	Q _P '	Opake	Fenster	Vorhf.	Oberl.		
	kWh/(m²a)	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(m²K)		
Referenzberechnung	100 %	193,2					
erreicht Ti >= 19°C	34 %	65,2	0,15	1,00			
Effizienzgebäude 40	40 %	77,3	0,18	1,00	1,00	1,60	OK
erreicht Ti < 19°C	34 %	65,2	0,24	1,00			
Effizienzgebäude 40	40 %	77,3	0,24	1,30	1,30	2,00	OK

LCA-Grenzwert $GWP_{100} \leq$ Anforderung projektspezifisch [kg CO2 Äqu./ (m2 a)]

Der Nachweis zur Begrenzung der Treibhausgas-Emissionen im Lebenszyklus **liegt vor**

NH-Paket (Nachhaltigkeitszertifikat)

Eine anerkannte Nachhaltigkeitszertifizierung nach BMI **liegt vor**

Das Förderniveau **KFNWG-Q** wird erreicht.

10. Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: Feuerwehrhaus Lohmar-Birk

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

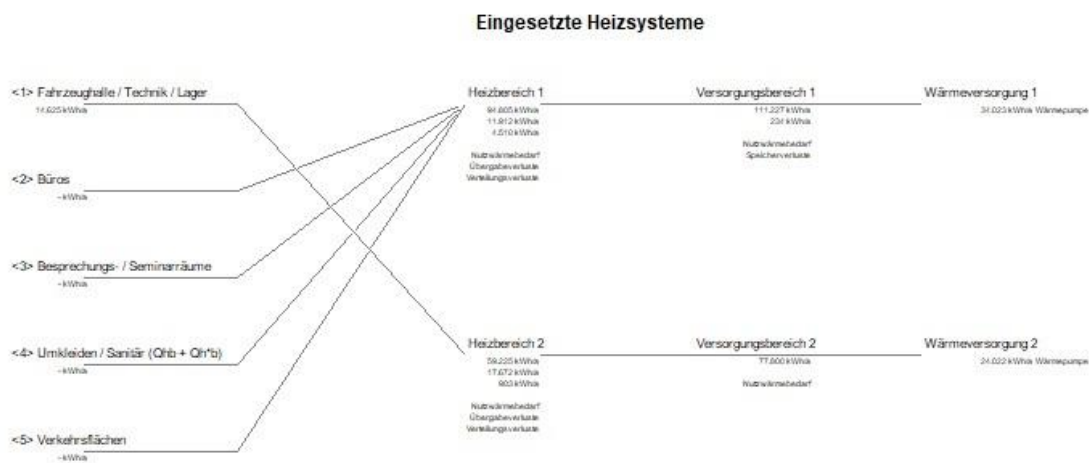
DIN EN ISO 6946:2008, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

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

10.1 Gebäudeberechnung "Gebäude-Referenz2020"



Nachweisverfahren

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

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

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

10.2 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

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

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i $^{\circ}\text{C}$	$\vartheta_{i, \text{WE}}$ $^{\circ}\text{C}$	ANGF m^2	V_i m^3
<1> Fahrzeughalle / Technik	241 Lagerhallen,	365	12,0		665	3828
<2> Büros	202 Gruppenbüro	250	19,9	17,2	25	81
<3> Besprechungs- / Seminar	204 Besprechung,	250	19,9	17,3	412	1344
<4> Umkleiden / Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,7	287	936
<5> Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	250	20,0	17,2	62	408
						1.451 6.597

Gebäude, $A_{NGF} = 1451,0 \text{ m}^2$ (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

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

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

ϑ_i Bilanz-Innentemperaturen für den Heizwärmebedarf nach DIN V 18599-2, Abs.6.1.2

10.3 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
EG Fahrzeughalle						
1 F 0106 FD	1:0	540,7	0,350	1,00 F_D	50 02	189,2
2 F 0101 FAW West	1:0	87,3	0,350	1,00 F_{AW}	50 02	30,6
3 F 0102 Fw Süd	1:4	106,8	0,148	0,50 F_u	44 51 08	7,9
4 T 0101 FAW West , Tü	1:0	146,9	2,900	1,00 F_{AW}	50 02	426,0
5 A 0104 FF Ost	1:0	33,0	1,900	1,00 F_F	50 02	62,8
6 F 0100 FG	1:0	540,7	0,350	0,45 F_{fb}	50 19 25 14	85,2
7 F 0104 Fbw Ost	1:0	103,0	0,350	0,65 F_{wb}	50 19 25 13	23,4
8 F 0105 Fbw Nord	1:0	106,8	0,350	0,65 F_{wb}	50 19 25 13	24,3
EG Technik Lager und Wer						
9 F 0206 FD	1:0	182,3	0,350	1,00 F_D	50 02	63,8
10 F 0202 Fw Süd	1:5	44,9	0,301	0,50 F_u	44 51 08	6,8
11 A 0204 FF Ost	1:0	5,5	1,900	1,00 F_F	50 02	10,5
12 F 0200 FG	1:0	182,3	0,350	0,70 F_{fb}	50 19 26 14	44,7
13 F 0203 Fbw Süd	1:0	24,1	0,350	0,65 F_{wb}	50 19 26 13	5,5
14 F 0204 Fbw Ost	1:0	86,9	0,350	0,65 F_{wb}	50 19 26 13	19,8
15 F 0205 Fbw Nord	1:0	24,1	0,350	0,65 F_{wb}	50 19 26 13	5,5
EG Treppenraum und Flur						
16 F 0307 FD	5:0	14,1	0,200	1,00 F_D	51 02	2,8
17 F 0306 FAW Süd	5:0	33,5	0,280	1,00 F_{AW}	51 02	9,4
18 A 0306 FF Süd	5:0	9,8	1,300	1,00 F_F	51 02	12,7
19 T 0306 FAW Süd , Tür	5:0	11,2	1,800	1,00 F_{AW}	51 02	20,2
20 F 0300 FG	5:0	65,3	0,350	0,70 F_{fb}	51 19 27 14	16,0
EG Umkleiden und Sanitär						
21 F 0401 Fw Süd	4:5	74,2	0,301	0,50 F_u	44 51 08	11,2
22 F 0410 Fw West	4:0	28,1	0,148	0,50 F_u	44 51 08	2,1
23 A 0401 Ff Süd	4:5	4,6	1,000	1,00 F_F	44 51 02	4,6
24 A 0410 Ff West	4:0	2,1	1,000	1,00 F_F	44 51 02	2,1
25 F 0400 FG	4:0	294,1	0,350	0,70 F_{fb}	51 19 28 14	72,1
EG Besprechung und Funkz						
26 F 0501 FAW West	3:0	12,0	0,280	1,00 F_{AW}	51 02	3,4
27 F 0504 FAW Nord	3:0	37,7	0,280	1,00 F_{AW}	51 02	10,5
28 A 0501 FF West	3:0	6,1	1,300	1,00 F_F	51 02	7,9
29 A 0504 FF Nord	3:0	14,8	1,300	1,00 F_F	51 02	19,3
30 T 0501 FAW West , Tü	3:0	3,2	1,800	1,00 F_{AW}	51 02	5,8
31 F 0500 FG	3:0	91,5	0,350	0,70 F_{fb}	51 19 29 14	22,4
OG Büro Jugendfw						
32 F 0605 FD	2:0	31,8	0,200	1,00 F_D	51 02	6,4
33 F 0602 FAW Süd	2:0	15,9	0,280	1,00 F_{AW}	51 02	4,4

34	F	0603	FAW Ost	2:0	16,6	0,280	1,00	FAW	51 02	4,7
35	F	0604	FAW Nord	2:0	23,4	0,280	1,00	FAW	51 02	6,6
36	A	0602	FF Süd	2:0	7,6	1,300	1,00	FF	51 02	9,8
OG gesamt										
37	F	0708	FD	3:0	351,1	0,200	1,00	FD	51 02	70,2
38	F	0701	FAW West	3:0	35,0	0,280	1,00	FAW	51 02	9,8
39	F	0702	FAW Süd	3:0	50,0	0,280	1,00	FAW	51 02	14,0
40	F	0705	FAW Ost	3:0	19,8	0,280	1,00	FAW	51 02	5,5
41	F	0707	FAW Nord	3:0	41,1	0,280	1,00	FAW	51 02	11,5
42	A	0701	FF West	3:0	13,0	1,300	1,00	FF	51 02	16,8
43	A	0702	FF Süd	3:0	28,1	1,300	1,00	FF	51 02	36,5
44	A	0707	FF Nord	3:0	6,3	1,300	1,00	FF	51 02	8,2
45	T	0705	FAW Ost , Tür	3:0	4,0	1,800	1,00	FAW	51 02	7,3

$\Sigma A [m^2] = 3.561,2$

$\Sigma H_T [W/K] = 1.439,9$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 1114,00 / 83,00 = 13,42 \text{ m}$
keine weiteren Bodenplatten

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).
- 08 Wärmeverluste zum unbeheizten Raum.
- 13 Wand des beheizten Kellers.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 19 Temperatur-Korrekturfaktoren F_x für untere Gebäudeabschlüsse nach DIN V 18599:2018-2, Tab.6
- 25 F_x -Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 26 F_x -Tabellenwert für das 2. Bodenplattenmaß.
- 27 F_x -Tabellenwert für das 3. Bodenplattenmaß.
- 28 F_x -Tabellenwert für das 4. Bodenplattenmaß.
- 29 F_x -Tabellenwert für das 5. Bodenplattenmaß.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,05 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 44 Transmission zu angrenzenden Gebäudezonen, Wärmeverlust mit realem Temperaturgefälle

10.3.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

$H_{T,WB} = 209,5 \text{ W/K}$ (24,7 %, 0,059 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

Nachweis der Gleichwertigkeit mit Bbl.2

Mit dem Nachweis der Gleichwertigkeit der geplanten Wärmebrückendetails mit DIN 4108, Bbl.2 darf der reduzierte, pauschale Wärmebrückenzuschlag angesetzt werden

	Wärmebrücken	Relevanz	geplante Ausführung		Referenzausführung		gleichwertig
			Bauteil	Ψ_{vorh} W/ (mK)	Katalog	No Ψ_{max} W/ (mK)	
1	KellerAW-Bodenplatte	+	AußenwandgegenE	0,00	KfW	Außen	0,00 ja
2	AW-Bodenplatte	+		0,00			0,00 ja
3	AW-Kellerdecke	-					
4	Fensterbrüstung	+		0,00			0,00 ja
5	Fensterlaibung	+		0,00			0,00 ja
6	Fenstersturz	+		0,00			0,00 ja
7	Rollladenkasten	-					
8	Fenster-Kellerdecke	-					
9	Fenster-Decke	+		0,00			0,00 ja
10	Balkonanschluss	-					
11	Geschossdecke-AW	+		0,00			0,00 ja
12	Geschossdecke-Traufe	-					

13	Geschossdecke-Giebel	-				
14	Traufe	-				
15	Ortgang	-				
16	Attika	+	0,00		0,00	ja
17	DFF oben/unten	-				
18	DFF seitlich	-				
19	Gaube wange-Dach	-				
20	IW-Kellerdecke	-				
21	IW-Bodenplatte	-				
22	IW-Dach (decke)	-				
23		-				
24		-				
25		-				

Der Gleichwertigkeitsnachweis wird erbracht, der Wärmebrückenzuschlag $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ darf (auch nach KfW) angewendet werden.

Die Kriterien und Merkmale nach Kategorie B sind erfüllt, der Wärmebrückenzuschlag kann nach DIN V 18599-2:2018, Abs.6.2.5 auf $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ reduziert werden.

Die Wärmebrückenverluste werden mit pauschalen Zuschlägen (0.05) berechnet

10.3.2 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> Fahrzeughalle / Techn	997	208	0	1205	15	0
<2> Büros	37	0	0	37	0	0
<3> Besprechungs- / Semin	262	22	0	285	0	0
<4> Umkleiden / Sanitär	0	72	0	72	20	8
<5> Verkehrsflächen	52	16	0	68	0	23
	1348	319		1666	35	30

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

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

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

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

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.057,9 / 3.554,5 = \mathbf{0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

10.3.3 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 $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,24	1,30		
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,44	1,90		

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

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,44 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} -11,5\%$

10.4 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, mit RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (Referenzwert, Kat.I), $n_{50} = 1,00 \text{ h}^{-1}$
 Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 2*3331 / 6597 = 1,01 \text{ (Gl.68)}$

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		Luftwechsel		Fenster	Lüftungsanlage	
		h ⁻¹	V _A m ³ / (m ² h)	n _{nutz} h ⁻¹	n _{inf} h ⁻¹	n _{win} h ⁻¹	n _{m,ZUL} h ⁻¹	t _{v,m} h/d
<1> Fahrzeughalle	-	1,08	1,00	0,17	0,08	0,10	0,71	24
<2> Büros	-	3,55	4,00	1,23	0,25	0,50	-	-
<3> Besprechungs-	-	1,59	15,00	4,60	0,11	2,11	-	-
<4> Umkleiden / Sa	-	0,69	15,00	4,60	0,05	0,10	4,60	13
<5> Verkehrsfläche	-	0,98	0,00	0,00	0,07	0,10	-	-

⇒ WE-Betrieb ...

<2> Büros		0,00	0,00	0,25	0,10
<3> Besprechungs- / Seminarrä		0,00	0,00	0,11	0,10
<4> Umkleiden / Sanitär		0,00	0,00	0,05	0,10
<5> Verkehrsflächen		0,00	0,00	0,07	0,10

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit V_{SUP}/ETA = 2702 / 2702 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert

Zone <4> RLT-Anlage (003) mit V_{SUP}/ETA = 4307 / 4307 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

n₅₀ = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstrom

n_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = V_A * ANGf / V während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)

n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = n₅₀ * e_{wind} * f_{ATD} mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT

n_{inf} = n₅₀ * e_{wind} * f_{ATD} * (1 + (1 - f_e) * t_{v,m} / 24) mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)

n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = n_{win,min} + Δn_{win} * t_{nutz} / 24, mit RLT = n_{win,min} + Δn_{win,m} * t_{v,m} / 24

mit n_{win,min} = 0.1, in Wohngebäuden n_{win,min} = saisonal nach Gl.77

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 2 / 3 /

Δn_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) * n_{inf} - 0.1 (ohne RLT), falls n_{nutz} > 1.2 ⇒ Δn_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0.1

n_m = n_{m,ZUL} = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der Nutzungsstunden

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

Volumenströme V_m und V* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten	V	H _{V,z,Jan}	H _{V,inf}	H _{V,win}	Σ H _V	H _{V,m}	θ _{v,Jan}
Lüftung	m ³	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	°C
<1> Fahrzeughalle /	3.828	0	98	130	228	919	2,4
<2> Büros	81	0	7	14	21	0	
<3> Besprechungs- /	1.344	0	51	966	1.016	0	
<4> Umkleiden / Sani	936	0	15	32	47	793	18,0
<5> Verkehrsflächen	408	0	10	14	23	0	

0 181 1155 1336 1712

⇒ WE-Betrieb ...

<2> Büros		0	7	3	10
<3> Besprechungs- / Seminar		0	51	46	97
<4> Umkleiden / Sanitär		0	15	32	47
<5> Verkehrsflächen		0	10	14	23

0 83 94 177

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

H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = n * V * c_{p,a} * ρ_a = n * V * 0.34 [W/K]

$H_{V,win,ohne\ RLT} = f_{win,seasonal} * H_{V,win} = (0.04 * \theta_e + 0.8) * H_{V,win} [W/K]$ (Fensterlüftung saisonal)
 $\Sigma H_V = H_{V,z,Jan} + H_{V,inf} + H_{V,win}$, Transferkoeffizienten ohne RLT
 θ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"
 Summenbildung unter Berücksichtigung der Zonen-Nutzungsanteile für Regel- und WE-Betrieb

10.5 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

10.5.1 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
5 A 0104 FF Ost	1	23,13	25/ 138	44/ 44 7100	6,1/ 33,5
11 A 0204 FF Ost	1	3,88	25/ 138	44/ 44 "	1,0/ 5,6
18 A 0306 FF Süd	5	6,82	59/ 113	44/ 44 "	4,2/ 8,1
23 A 0401 Ff Süd	4	3,23	59/ 113	44/ 44 "	2,0/ 0,0
24 A 0410 Ff West	4	1,46	17/ 117	44/ 44 "	0,3/ 1,8
28 A 0501 FF West	3	4,28	17/ 117	44/ 44 "	0,8/ 5,3
29 A 0504 FF Nord	3	10,38	10/ 81	44/ 44 "	1,1/ 8,8
36 A 0602 FF Süd	2	5,29	59/ 113	44/ 44 "	3,3/ 6,3
42 A 0701 FF West	3	9,07	17/ 117	44/ 44 "	1,6/ 11,1
43 A 0702 FF Süd	3	19,66	59/ 113	44/ 44 "	12,2/ 23,3
44 A 0707 FF Nord	3	4,40	10/ 81	44/ 44 "	0,5/ 3,7
91,70					33/ 108

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

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

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

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

10.5.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
1 F 0106 FD	- 1	540,7	0,35	0,50	4,50	210	-
2 F 0101 FAW West	W 1	87,3	0,35	0,50	4,50	117	-
4 T 0101 FAW West	W 1	146,9	2,90	0,50	4,50	117	-
9 F 0206 FD	- 1	182,3	0,35	0,50	4,50	210	-
16 F 0307 FD	- 5	14,1	0,20	0,50	4,50	210	-
17 F 0306 FAW Süd	S 5	33,5	0,28	0,50	4,50	113	-
19 T 0306 FAW Süd	S 5	11,2	1,80	0,50	4,50	113	-
26 F 0501 FAW West	W 3	12,0	0,28	0,50	4,50	117	-
27 F 0504 FAW Nord	N 3	37,7	0,28	0,50	4,50	81	-
30 T 0501 FAW West	W 3	3,2	1,80	0,50	4,50	117	-

32	F	0605	FD	-	2	31,8	0,20	0,50	4,50	210	-
33	F	0602	FAW Süd	S	2	15,9	0,28	0,50	4,50	113	-
34	F	0603	FAW Ost	O	2	16,6	0,28	0,50	4,50	138	-
35	F	0604	FAW Nord	N	2	23,4	0,28	0,50	4,50	81	-
37	F	0708	FD	-	3	351,1	0,20	0,50	4,50	210	-
38	F	0701	FAW West	W	3	35,0	0,28	0,50	4,50	117	-
39	F	0702	FAW Süd	S	3	50,0	0,28	0,50	4,50	113	-
40	F	0705	FAW Ost	O	3	19,8	0,28	0,50	4,50	138	-
41	F	0707	FAW Nord	N	3	41,1	0,28	0,50	4,50	81	-
45	T	0705	FAW Ost	O	3	4,0	1,80	0,50	4,50	138	-
1.657,6											-

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

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

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

F_f = Formfaktor zwischen Bauteil und Himmel (bis 45° Neigung = 1, über 45° = 0.50)

h_r = äußerer Abstrahlungskoeffizient, Regelwert = 5 * Emissionsgrad = 5 * 0.9 = 4.5 W/(m²K)

$\Delta\vartheta_{er}$ = scheinbare, mittlere Temperaturdifferenz zwischen Bauteil und Himmel (10 °K)

10.5.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
<1> Fahrzeugha	706	483	170	105	220	230	598	8.355
<2> Büros	205	183	65	50	102	73	169	1.938
<3> Besprechun	1.284	1.002	382	267	499	444	1.037	13.220
<4> Umkleiden	36	22	9	5	8	10	29	401
<5> Verkehrsfl	264	235	84	64	131	94	218	2.500
über opake ...								
<1> Fahrzeugha	-	-	-	-	-	-	-	-
<2> Büros	-	-	-	-	-	-	-	-
<3> Besprechun	-	-	-	-	-	-	-	-
<4> Umkleiden	-	-	-	-	-	-	-	-
<5> Verkehrsfl	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.969	1.986	709	492	970	853	2.234	33.101

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

Zone	AB m²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
<1> Fahrzeughalle / Technik	665	-	-	0,0	0,0
<2> Büros	25	0,7	1,1	0,0	1,8
<3> Besprechungs- / Seminarr	412	38,4	3,3	0,0	41,7
<4> Umkleiden / Sanitär	287	-	-	0,0	0,0
<5> Verkehrsflächen	62	-	-	0,0	0,0
⇒ WE-Betrieb ...					
<2> Büros		-	-	0,0	0,0
<3> Besprechungs- / Seminarr		-	-	0,0	0,0
<4> Umkleiden / Sanitär		-	-	0,0	0,0
<5> Verkehrsflächen		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m³/hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d

<1> Fahrzeughalle / Technik /	0,0	40,9	15,9	0,0	0,0
<2> Büros	0,0	1,6	0,6	0,0	0,0
<3> Besprechungs- / Seminarrä	0,0	30,4	9,9	0,0	0,0
<4> Umkleiden / Sanitär	0,0	14,9	6,9	0,0	0,0
<5> Verkehrsflächen	0,0	0,6	1,5	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

$q_{l,p}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)

$q_{l,fac}$ = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen

$Q_{l,g} = Q_{l,goods}$ = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q_l = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

$Q_{l,rV}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch die Lüftungsanlage

10.7 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

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

Zone	ΣH_T W/K	ΣH_V W/K	$\Sigma H_{V,mech}$ W/K	Q_{sink} kWh/d	Q_{source} kWh/d	γ
<1> Fahrzeughalle / Technik	1205	228	919	604	67	0,110
<2> Büros	37	21	0	36	7	0,203
<3> Besprechungs- / Seminarrä	285	1017	0	607	102	0,167
<4> Umkleiden / Sanitär	72	47	793	103	24	0,233
<5> Verkehrsflächen	68	23	0	45	7	0,148

Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a	η	η_{WE}
<1> Fahrzeughalle / Technik	50	2367	14,04	1,88	0,986	
<2> Büros	50	57	21,62	2,35	0,981	0,996
<3> Besprechungs- / Seminarrä	50	1302	15,84	1,99	0,976	1,000
<4> Umkleiden / Sanitär	50	932	15,40	1,96	0,955	1,000
<5> Verkehrsflächen	50	91	34,10	3,13	0,998	0,998

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

ΣH_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

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

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

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

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

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

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

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

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

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

10.8 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

10.8.1 Temperaturrandbedingungen

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

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
T_e	d/m °C	31 1,0	28 1,9	31 4,7	30 9,2	31 14,1	30 16,7	31 19,0	31 18,6	30 14,3	31 9,5	30 4,1	31 0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i,1}$	°C	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
$T_{i,2}$	°C	19,9	20,0	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i,3}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i,4}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i,5}$	°C	20,0	20,0	20,2	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,1	20,0
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i,1}$	°C	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
$T_{i,2}$	°C	17,2	17,3	17,9	18,7	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2
$T_{i,3}$	°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
$T_{i,4}$	°C	17,7	17,8	18,3	19,0	19,8	20,3	20,7	20,6	19,9	19,1	18,2	17,6
$T_{i,5}$	°C	17,2	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,5	19,7	18,8	17,8	17,2

10.8.2 Zone <1> Fahrzeughalle / Technik / Lager

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 (100,0%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 12,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		-	0,810	0,978	0,987	0,986	0,983	0,960	0,533
t_h	h	-	679	720	744	744	672	744	4.839
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	1.828	11.050	17.037	16.677	13.557	9.516	71.108
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_T	kWh	-91	2.150	6.769	9.866	9.776	8.101	6.457	44.990
Q_V	kWh	-2.448	1.177	5.600	8.518	8.433	6.923	5.274	17.221
Q_S^*	kWh	-	403	166	104	217	226	697	3.159
Q_I^*	kWh	-	1.146	1.539	1.749	1.735	1.526	1.518	10.152

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

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

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

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

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

10.8.3 Zone <2> Büros

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 1,8 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,771	0,948	0,990	0,978	0,981	0,971	0,923	0,774
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,749	0,978	0,999	0,997	0,996	0,992	0,946	0,753
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	51	22	21	22	22	20	22	324
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	6.553

$Q_{h,b,RE}$	kWh	66	150	355	462	428	381	293	2.383
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	21	102	138	120	107	67	569
Q_T	kWh	159	283	402	494	492	424	401	3.316
Q_V	kWh	76	135	192	236	235	202	191	1.582
Q_S^*	kWh	165	179	65	49	101	72	162	1.445
Q_I^*	kWh	51	70	83	95	88	74	70	703

10.8.4 Zone <3> Besprechungs- / Seminarräume

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9\text{ °C}$ und $Q_I = 41,6\text{ kWh/d}$

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}		0,854	0,938	0,972	0,979	0,976	0,976	0,959	0,833
$\eta_{source,WE}$		0,921	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,997	0,806
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	432	365	354	365	365	330	365	4.218
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.430
$Q_{h,b,RE}$	kWh	2.438	5.428	8.756	11.021	10.843	9.328	8.280	65.406
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	160	731	1.027	941	790	483	4.130
Q_T	kWh	1.242	2.204	3.134	3.852	3.832	3.306	3.123	25.845
Q_V	kWh	3.291	5.837	8.301	10.202	10.151	8.757	8.273	68.457
Q_S^*	kWh	1.184	973	374	263	494	437	1.033	10.616
Q_I^*	kWh	1.263	1.501	1.658	1.851	1.793	1.567	1.606	16.154

10.8.5 Zone <4> Umkleiden / Sanitär

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,7\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,949	0,963	0,958	0,954	0,955	0,957	0,960	0,882
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	138	244	246	254	254	230	254	2.229
t_h	h	629	744	720	744	744	672	744	6.858
$Q_{h,b,RE}$	kWh	708	1.475	1.585	1.697	1.704	1.528	1.633	12.181
$Q_{h,b,WE}$	kWh	16	29	133	201	199	163	120	890
Q_T	kWh	364	608	840	1.023	1.018	880	839	7.130
Q_V	kWh	706	1.279	1.326	1.400	1.399	1.256	1.365	9.066
Q_S^*	kWh	35	22	9	5	8	10	28	352
Q_I^*	kWh	311	361	440	520	506	436	423	4.241

10.8.6 Zone <5> Verkehrsflächen

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,898	0,977	0,999	0,999	0,998	0,999	0,990	0,953

$\eta_{\text{source, WE}}$		0,856	0,965	0,999	1,000	0,998	0,999	0,986	0,934
$\Delta Q_{C, b, WE}$	kWh	34	55	53	55	55	50	55	522
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.045
$Q_{h, b, RE}$	kWh	148	391	709	881	823	730	602	4.851
$Q_{h, b, WE}$	kWh	9	72	205	271	245	217	154	1.228
Q_T	kWh	336	563	780	951	946	818	779	6.608
Q_V	kWh	102	181	258	317	315	272	257	2.125
Q_S^*	kWh	265	255	84	64	137	95	239	2.599
Q_I^*	kWh	17	26	46	61	59	50	41	376

10.8.7 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> Fahrzeughalle /	25.529	19.099	2.695	3.269	71.108	107,0
<2> Büros	2.219	1.585	1.297	540	2.952	119,3
<3> Besprechungs- /	18.752	68.487	9.913	13.371	69.536	168,6
<4> Umkleiden / San	4.177	2.594	370	1.876	13.071	45,5
<5> Verkehrsflächen	6.244	2.126	2.196	284	6.079	97,8
	56.921	93.892	16.470	19.340	162.745	112,2

10.9 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

10.9.1 Gewählte RLT-Anlagen

Betrachtungsmonat Januar, $\theta_e = 1,0$ °C

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP, Jan}$ °C
<1> Fahrzeughalle / Technik	-	000		2,4
<4> Umkleiden / Sanitär	-	003 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 2702 / 2702$ m³/h, nutzungsabhängig, balanciert

Zone <4> RLT-Anlage (003) mit $V_{SUP}/ETA = 4307 / 4307$ m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Feuchteanforderung $mT / oT = \text{mit / ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$

RLT-Anlagen nach DIN V 18599-3, Tabellen A.2 bis A.13 mit den Anlagenkomponenten

VE = Ventilator, LH = Luftheizer, LK = Luftkühler, LBv / LBd = Verdunstungsbefeuchter / Dampfbefeuchter

rec..% = Anlage mit ..% Wärmerückgewinnung, rec+ = Rückgewinnung Wärme + Feuchte

θ_{SUP} mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab. 5/6

10.9.2 Strombedarf der Ventilatoren

	$V_{mech, m}$ m ³ /h	$t_v \cdot dv$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_v, Jan kWh
<1> Fahrzeughalle / Technik	2702	744	0,00	0,75	559
<4> Umkleiden / Sanitär	4307	276	1,79	1,20	826

monatliche Werte W_v [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<4> Umkleiden /	799	826	799	826	826	746	826	9.720

799	826	799	826	826	746	826	9.720
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

$V_{\text{mech,m}}$ = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl * Luftvolumen
 $t_V \cdot d_V$ = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = h/Tag * Tage * Nutzungsanteil im Regelbetrieb
 $P_{V,\text{SUP}} / P_{V,\text{ETA}}$ = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren
 W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

10.9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

Energiebedarfskennwerte für den Standort Deutschland (Potsdam)

Kennwerte für Zuluftvorwärmung im Januar

	θ_{HC} °C	$q_{H,12h}$ Wh/m ³	f_H	q_H Wh/m ³	$Q_{V,H}$ kWh	$A_{K,A}$ m ²
<4> Umkleiden / Sanitär	19,4	530	1,01	397	1.711	0,0

Indizierungen (i) für die Bilanzgrößen: H = Heizen, C = Kühlen, St = Befeuchten
 θ_{HC} = korrigierte, mittlere Zulufttemperatur (berücksichtigt unterschiedliche Ventilatorabwärme)
 $q_{i,12h} / q_i$ = Kennwerte für den Nutzenergiebedarf = F(Anlage-No, Bilanzgröße, Monat) nach Anhang A
 f_i = Korrekturfaktor für die tägliche Anlagenbetriebszeit nach Gl.37
 $Q_{V,i}$ = monatlicher Nutzenergiebedarf für die Bilanzgröße i
 $A_{K,A}$ = Oberfläche der Luftleitungen außerhalb der thermischen Hülle

10.9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

Zone <4> Umkleiden / Sanitär

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	310	439	833	1.391	1.711	1.288	913	8.437
$t_{h*,op}$	h	27	28	27	28	28	25	28	325
$Q_{h*,b}$	kWh	341	483	916	1.530	1.882	1.417	1.005	9.281
		341	483	916	1.530	1.882	1.417	1.005	9.281

Nutzwärmebedarf $Q_{V,H}$ nach Heizbereichen [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
1 statische Zen	508	1.023	1.655	2.397	2.706	2.184	1.800	14.625
	508	1.023	1.655	2.397	2.706	2.184	1.800	14.625

Wärmeerzeugung siehe Abs.13 Heizsysteme
 mit $Q_{V,H}$ = Nutzwärmebedarf der Zuluftvorwärmung, $t_{h*,op}$ = Bedarfszeit der Heizregister und $Q_{h*,b}$ = Nutzwärmebedarf der Heizregister
 $t_{h*,op} = t_{h,r} * t_{V,mech} * d_{V,mech} * b_{bv,mth} / b_{vh,a} \cdot \max. t_{V,mech} * d_{V,mech,m}$ (DIN V 18599-7, Gl.4)
 $Q_{h*,b}$ nach DIN V 18599-7, Gl.1, Übergabeverluste pauschal 10% (5.4.2)
 Leitungsverluste mit $A_{K,A}$ und $f_{Vh,d} = 16 \text{ W/m}^2$

10.9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

nicht vorgesehen

10.9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

10.10 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

10.10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (12), mit Dachoberlichtern (0)

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	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 A 0104 Fbw Ost	Ost 1	150	4,5	33,0	gut	93
2 A 0204 Fbw Ost	Ost 1	150	4,5	5,5	gut	93
3 A 0306 FAW Süd	Süd 5	100	33,4	9,8	gut	85
4 A 0404 FAW Süd	Süd 4	200	89,0	12,8	gering	73
5 A 0405 FAW Ost	Ost 4	200	25,1	5,2	mittel	77
6 A 0501 FAW West	West 3	500	14,7	6,1	gut	83
7 A 0504 FAW Nord	Nord 3	500	54,8	14,8	gut	74
8 A 0602 FAW Süd	Süd 2	500	27,5	7,6	gut	80
9 A 0701 FAW West	West 3	500	38,8	13,0	gut	80
10 A 0702 FAW Süd	Süd 3	500	87,6	28,1	gut	81
11 A 0706 Fw Nord	Nord 3	500	4,5	3,5	gut	91
12 A 0707 FAW Nord	Nord 3	500	36,0	6,3	mittel	65

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	$ANGF$ [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
<1> Fahrzeughalle / Tech	665	9	656
<2> Büros	25	28	-3
<3> Besprechungs- / Semi	412	236	176
<4> Umkleiden / Sanitär	287	114	173
<5> Verkehrsflächen	62	33	29

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

bei Dachoberlichtern $D_j = D_a \cdot \tau_{D65} \cdot k \cdot A_{RB} / A_{TL} \cdot \eta_R$ (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

10.10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich					CTL	CTL, kon	FTL						
							Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %	
1	A	0104	Fbw	Ost	1	93	60	52	46	41	37	35	35
2	A	0204	Fbw	Ost	1	93	60	53	46	41	38	35	35
3	A	0306	FAW	Süd	5	85	55	60	54	50	47	45	45
4	A	0404	FAW	Süd	4	73	50	69	65	62	59	58	58
5	A	0405	FAW	Ost	4	77	55	64	59	55	52	51	50
6	A	0501	FAW	West	3	83	75	47	39	34	30	28	27
7	A	0504	FAW	Nord	3	74	73	54	47	42	39	37	36
8	A	0602	FAW	Süd	2	80	75	49	42	37	33	31	30
9	A	0701	FAW	West	3	80	75	49	41	36	32	30	29
10	A	0702	FAW	Süd	3	81	75	48	41	36	32	29	29
11	A	0706	Fw	Nord	3	91	75	42	34	28	24	21	20

12 A 0707 FAW Nord 3 65 73 60 54 50 47 45 44

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

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

F_{TL} = Teilbetriebsfaktoren Tageslicht (Betriebszeitanteil Kunstlicht) nach Gl.39

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

10.10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (5)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E_m lx	Lampen	p_j W/m ²	$f_{Prä}$	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{l,b}$ kWh/m
1 <1> Fahrzeughalle	1	150	1-1-2	9,0	0,70	139	3085	3047	3167
2 <2> Büros	2	500	1-1-2	17,9	0,85	81	2162	176	47
3 <3> Besprechungs-	3	500	1-1-2	18,1	0,53	52	1335	109	645
4 <4> Umkleiden / S	4	200	1-1-2	10,6	0,55	81	1399	114	315
5 <5> Verkehrsfläch	5	100	1-1-2	5,3	0,24	31	610	50	13
									4187

1-1-2 (1): stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt / indirekt, $A_{KL} = 1.435 \text{ m}^2$

Präsenzmelder: Zonen 3/4/5/, Konstantlichtregelung: Zonen 2/3/

10.10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung $Q_{l,f}$

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> Fahrzeughalle	1.225	1.266	1.226	1.267	1.267	1.144	1.266	14.904
<2> Büros	26	30	34	39	33	26	26	331
<3> Besprechun	577	623	632	693	645	555	592	7.139
<4> Umkleiden	295	311	308	325	315	278	304	3.613
<5> Verkehrsfl	12	13	13	14	13	11	12	147
	2.135	2.243	2.213	2.339	2.273	2.014	2.200	26.135

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} * E_m * k_{WF} * k_A * k_L * k_{VB}$ 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 = $p_j * [ATL * (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + AKTL * (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)

$Q_{l,f} = \sum F_{t,n} * \sum Q_{l,b} = Q_{l,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

10.11 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

10.11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)

Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> Fahrzeughalle / Technik	221	113	0,514	50,000	14,04	0,837
<2> Büros	4	10	2,425	50,000	21,62	0,381
<3> Besprechungs- / Seminarr	94	127	1,354	50,000	15,84	0,561
<4> Umkleiden / Sanitär	10	16	1,550	50,000	15,40	0,512

<5> Verkehrsflächen 8 10 1,221 50,000 34,10 0,677

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ Q _{C,b} (Raumklima)								
<1> Fahrzeugha	-	-	1	2	10	29	67	344
<2> Büros	1	2	2	10	40	66	88	540
<3> Besprechun	15	19	17	47	142	322	547	3.194
<4> Umkleiden	1	1	1	1	3	30	118	696
<5> Verkehrsfl	-	0	-	1	7	15	27	172

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme Q_{C,b}

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

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

10.11.2 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> Fahrzeughalle / Technik	24	18,3	4,0	nein
<2> Büros	13	1,8	2,0	nein
<3> Besprechungs- / Seminar	13	19,1	13,5	nein
<4> Umkleiden / Sanitär	13	2,2	-1,2	nein
<5> Verkehrsflächen	13	2,2	2,4	nein
		43,6	20,7	

Q_{C,max} = 0.8 * (Q_{source} - Q_{sink}) * (1 + 0.3 * EXP(-τ/120)) - c_{wirk}/60 * (Δθ - 2) + c_{wirk}/40 * (12 / t_C - 1) (T2, C.1)

mit t_{C,op,d} = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und Δθ = 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
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

10.12 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

10.12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	Q _{w,b} kWh/d je	Menge	Q _{w,b, Jan} kWh/M
<1> Fahrzeughalle /	nicht relevant			-
<2> Büros	nicht relevant			-
<3> Besprechungs- /	nicht relevant			-
<4> Umkleiden / Sani	nicht relevant			-
<5> Verkehrsflächen	nicht relevant			-

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

10.13 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

10.13.1 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> Fahrzeughalle / Technik	28,9	2,7	2718	22,2	53,8
<2> Büros	1,2	0,3	0	0,0	1,5
<3> Besprechungs- / Seminar	9,1	16,3	0	0,0	25,4
<4> Umkleiden / Sanitär	2,3	0,8	4306	18,7	21,8
<5> Verkehrsflächen	2,2	0,4	0	0,0	2,5

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

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

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

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

$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + 0,5 \cdot Q_{V,max} + Q_{V,mech}$ = erforderliche Heizleistung in der Gebäudezone (T2 Gl.B.4)

10.13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1	statische Zentralheizung (REF '20)	*	172.026	105,1	56,3
2	* = 1/2/3/4/5/				

<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

RLT-Heizregister im Heizbereich $\Rightarrow Q_{h,b} = Q_{h,b} + Q_{h*,b}$ enthält Nutzwärmebedarf für das Heizregister Übergabe- und Verteilungsverluste für $Q_{h*,b}$ siehe "RLT-Systeme"

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b}, <1>$	kWh	2.844	6.792	10.981	13.872	13.485	11.637	10.103	80.180
$Q_{h*,b}, <1>$	kWh	508	1.023	1.655	2.397	2.706	2.184	1.800	14.625

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

10.13.3 Heizzeiten

(1) Bereich "statische Zentralheizung (REF '20)", Leitzone <3> Besprechungs- / Seminarräume

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <3>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.430
$t_{h,rL,d} <3>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <3>$	d/m	21	23	24	26	26	23	25	239
$t_{h,rL} <3>$	h/m	185	211	389	462	460	400	391	3.235

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

$t_{h,rL,day} = 24 - f_{L,NA} \cdot (24 - t_{h,op,day})$ (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)

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

10.13.4 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)

$$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e) \text{ (Gl.34) (14,9\%)}$$

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	2.844	6.792	10.981	13.872	13.485	11.637	10.103	80.180
$Q_{h,ce}$	kWh	897	1.248	1.373	1.458	1.425	1.287	1.310	11.912
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	3.741	8.040	12.354	15.330	14.910	12.924	11.413	92.092

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

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

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

10.13.5 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 "1 Wohnen, Büro, Hotels", Netztyp 3 Steigestrangtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 1430,5 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 2

Geschosse. manuell

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 55^\circ\text{C}$ / $\theta_{RA} = 45^\circ\text{C}$, $T_{i,Soll,<3>} = 21,0^\circ\text{C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 42 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	325,2 m	194,6 m	357,6 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, ungeregelte 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)

$\beta_{h,d}$		0,11	0,23	0,36	0,44	0,42	0,41	0,32	
$\theta_{VL,av}$	°C	22,9	24,7	26,6	27,6	27,4	27,2	26,0	
$\theta_{RL,av}$	°C	21,9	22,8	23,8	24,3	24,2	24,1	23,5	
$Q_{h,d}$	kWh	257	377	591	775	760	646	561	4.510
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	92	162	283	386	376	317	262	2.215

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 4,9 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{I,h,d} = 2,4 \%$

Aufteilung $Q_{I,h,d}$: 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

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

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

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

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

10.13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}^*$	kWh	4.505	9.439	14.600	18.501	18.375	15.753	13.774	111.227

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

$Q_{h,out}^* = \text{Nutzwärmebedarf mit RLT-Wärmebedarf}$

Die Erzeugerverluste $Q_{h,g}$ im sommerlichen Heizbetrieb (nur $Q_{h^*,b}$) können mangels rechnerischer Laufzeiten für die Erzeuger derzeit nicht bestimmt werden.

10.13.7 Heizwärmepufferspeicher

nicht vorgesehen

10.13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

10.13.9 Heizungswärmepumpen

nicht vorgesehen

10.13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1)

(1) "statische Zentralheizung (REF '20)", Zonen 1/2/3/4/5 ($A_{NGF} = 1.451 \text{ m}^2$)

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

10.13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	1.130	3.423	7.703	11.807	12.233	9.502	7.182	58.044
W_h	kWh	6	17	26	33	32	28	24	189

Erdgas	kWh	5.302	13.018	30.821	42.658	42.109	35.195	27.839	217.360
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	2,5	4,8	11,6	16,3	15,9	14,6	10,2	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,6	0,6	0,5	0,4	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	1,5	3,0	7,2	10,1	9,9	9,0	6,3	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	1,1	2,1	5,0	7,0	6,9	6,3	4,4	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,2	0,4	1,1	1,5	1,5	1,4	1,0	

$Q_{h,f}$ = 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

10.14 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

10.14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

10.14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
Erdgas	Heizwärme		217.360	1,10	1,11	215.401
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/5/	26.135	1,80	1,00	47.042
Strom-Mix	Hilfsenergie		9.909	1,80	1,00	17.835
Σ [kWh/Jahr]			253.403			280.278

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 280.278 / 1.451 = 193,2$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 1.451$ m²)

Endenergie brennwertbezogen = 253.403 kWh/a = Jahressummen aus den Prozessbereichen

Endenergie heizwertbezogen = 195819,4+26134,5+9908,5 = 231862 kWh/a

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 6,8 kWh/(m²a), Erdgas 149,8 kWh/(m²a), Strom-Mix 18,0 kWh/(m²a)

10.14.3 Treibhausgasemissionen (CO₂)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO ₂ /kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m ² a)
Erdgas	195.819	240	46.997	
Strom-Mix	26.135	560	14.635	
Strom-Mix	9.909	560	5.549	
231.863			67.181	46,3

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom aus Verrechnung nach DIN V 18599-9:2018

10.14.4 Endenergiebedarf nach Zonen

siehe Abschnitt		RLT 9	Beleucht. 10	Klima 11	Warmwasser 12	Heizung 13	Summe
Zone	m ²	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
<1> Fahrzeughalle	665	-	14.905	-	-	-	14.904
<2> Büros	25	-	331	-	-	-	332
<3> Besprechungs-	412	-	7.139	-	-	-	7.138
<4> Umkleiden / S	287	-	3.613	-	-	-	3.613
<5> Verkehrsfläch	62	-	147	-	-	-	147
Gebäude	1.451	-	26.134	-	-	-	26.134

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

10.14.5 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	6,7	18,0	0,0	0,0	118,6	143,3
Endenergiebedarf	6,7	18,0	0,0	0,0	149,9	174,6
Primärenergiebedarf	12,1	32,4	0,0	0,0	148,7	193,2

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

10.15 Primärenergie-Referenzwert

vorh q_P = 193,2 kWh/(m²a)