
WÄRMESCHUTZBERECHNUNG

Entwurf Neubau - Wärmeschutznachweise

Bauvorhaben:

Umstrukturierung, Modernisierung im Bestand
und Teilneubau d. Bildungszentrums Rostock
Schwaaner Landstraße 8
18055 Rostock

Bauherr / Auftraggeber:

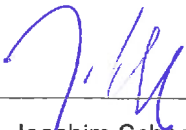
Handwerkskammer Ostmecklenburg-Vorpommern
Schwaaner Landstraße 8
18055 Rostock

Entwurfsverfasser / Planung:

Architekturbüro Bielke und Struve PartGmbH
Weidestraße 23
23701 Eutin

Aufsteller:

Auftragsnummer: 222/017
Datum: 19.01.2023
Anlagen: 1
Seiten: 57
Sachbearbeiter: F. Zimmer, M.Eng.


(Dr.-Ing. Joachim Scheele)


(Franziska Zimmer, M.Eng.)



Inhaltsverzeichnis

1	Wärmeschutzniveau	3
2	Wärmeschutz Neubau	3
2.1	Wärmebrückenzuschlag (WBZ)	3
3	Angabe der Bauteilaufbauten	3
3.1	Bauteilberechnungen	5
4	Anlagentechnik	10
5	Zonierung	11
6	Sommerlicher Wärmeschutz	12
7	Gebäudeberechnung	13
7.1	Energetische Bewertung von Gebäuden (Nichtwohngebäude)	13
7.2	Flächenberechnung	34
7.3	Berechnung des Referenzgebäudes	38
8	Anlagen	57

1 Wärmeschutzniveau

Bei der Ausbildungsstätte handelt es sich um ein beheiztes Nichtwohngebäude. Für das Neubaugebäude wird ein Wärmeschutzniveau gemäß eines Effizienzgebäudes (EG) 40, mindestens jedoch gemäß eines EG55 angestrebt, ohne weitere Förderansprüche an den Wärmeschutzstandard zu stellen.

2 Wärmeschutz Neubau

Mit den nachfolgend angegebenen Bauteilaufbauten und der Anlagentechnik werden die Anforderungen nach GEG 2023 eingehalten.

Es wird ein Primärenergiebedarf von $q_p \leq 68,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (48%) erreicht. Dieser liegt unter dem Grenzwert für die Effizienzgebäudestufe 40, jedoch deutlich über dem Grenzwert der Effizienzgebäudestufe 55:

Referenzwert	$q_{p,REF}$	=	143,3 kWh/(m ² a)	100 %
Effizienzhaus 55	$q_{p,EH55}$	=	78,8 kWh/(m ² a)	55 %
Effizienzhaus 40	$q_{p,EH40}$	=	57,3 kWh/(m ² a)	40 %

Die Anforderungen an den baulichen Mindestwärmeschutz gemäß GEG §11 nach DIN 4108-2 sowie die Anforderungen nach GEG §18 + 19 und Anlage 2 + 3 sind einzuhalten.

Grundlage der Flächen- und Volumen- Berechnung ist die Entwurfsplanung des Architekturbüros Bielke und Struve PartGmbH vom 17.11.2022.

Die Haus- und Anlagentechnik wurde entsprechend den Angaben durch den TGA-Planer vom 11.07.2022 berücksichtigt.

2.1 Wärmebrückenzuschlag (WBZ)

Bei der Ermittlung der Wärmebrückeneinflüsse auf die Konstruktion wurde ein **reduzierter pauschaler WBZ von $0,050 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$** auf den U-Wert aller Bauteile der wärmeübertragenden Umfassungsfläche berücksichtigt. Bei der Ausführungsplanung sind die Anforderungen der Planungsbeispiele der **DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06 Kategorie A** zu berücksichtigen.

3 Angabe der Bauteilaufbauten

(von innen nach außen)

Die Anforderungen an die Einzelbauteile gemäß GEG sowie ein EG-55-Wärmeschutzniveau werden unter Ansatz der hier aufgeführten Bauteilaufbauten eingehalten:

Flachdach:

(nach oben zur Außenluft)

vorh. U = $0,119 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Stahlbeton

d = 24,00 cm

Abdichtung

Wärmedämmung EPS 032

d = 20,00 cm

Gefälledämmung WLG 032

d = 0 – ca. 13,00 cm

2-lagige Abdichtungsbahn

Kiesschüttung

Außenwand:
 (zur Außenluft)

vorh. $U = 0,181 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Gipsputz	d = 1,50 cm
MW aus Kalksandstein ($\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$)	d = 17,50 cm
Mineralwolle WLG 032	d = 16,00 cm *)
Luftschicht	
Vormauerziegel	d = 11,50 cm

*) Korrektur für Befestigungssystem (5 Befestigungselemente/m², Af = 16 mm², Edelstahl) berücksichtigt

Fenster:

gewählt $U_w \leq 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung

Außentüren:

gewählt $U_D \leq 1,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Außentür, verglast, Aluminium

Bodenplatte:
 (zum Erdreich)

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

Fußbodenbelag	
Zementestrich	d = 6,50 cm
Folie/ Trennlage	
Stahlbeton-Bodenplatte	d = 25,00 cm
Perimeterdämmung XPS WLG 035	d = 18,00 cm

Rolltor:

gewählt $U = 1,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Rolltor (Tür)

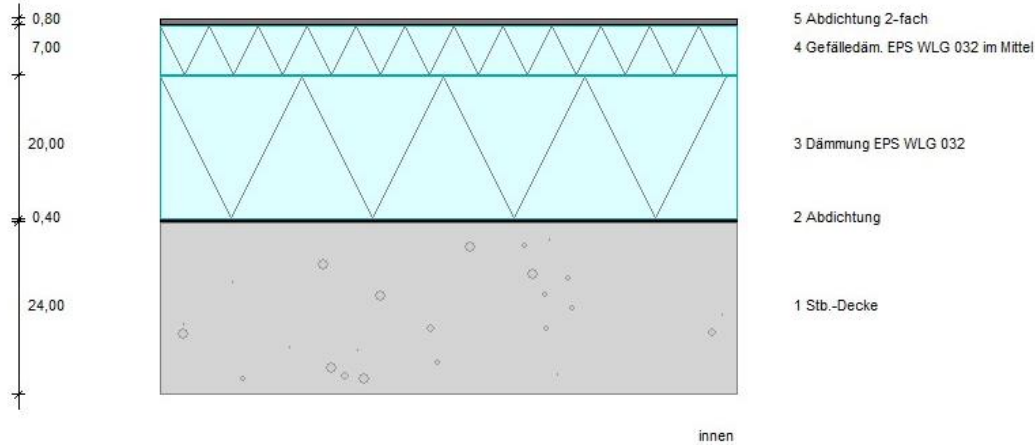
Nachweis: Begrenzung der U-Werte

	Opake Bauteile [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]			Fenster [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]		
	GEG	KfW55	KfW40	GEG	KfW55	KfW40
$U_{\max} (T_i \geq 19 \text{ °C})$	0,28	0,22	0,18	1,50	1,20	1,50
$U_{\max} (T_i < 19 \text{ °C})$	0,50	0,28	0,24	2,80	1,50	1,30
$U_{\text{vorh}} (T_i \geq 19 \text{ °C})$	0,16			0,90		
$U_{\text{vorh}} (T_i < 19 \text{ °C})$	-			-		

Folgender spezifischer Transmissionswärmeverlust H'_{τ} wurde ermittelt: $H'_{\tau, \text{Ist}} = 0,27 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

3.1 Bauteilberechnungen

1.) Flachdach



Flachdach
 $U = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}				0,100
01 Stb.-Decke	24,00	2400	2,100	0,114
02 Abdichtung	0,40	1200	-	-
03 Dämmung EPS WLK 032	20,00	20	0,032	6,250
04 Gefälledäm. EPS WLK 032 im Mittel	7,00	20	-	-
05 Abdichtung 2-fach	0,80	1200	-	-
R_{se}				0,040
d =	52,20	G =	595,8	$R_T =$ 6,50

$U = 0,154 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

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

keilförmige Schicht: 3 Dämmung EPS WLK 032 $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{mK})$

rechteckige Dachfläche $13,00 \times 30,00 \text{ m}$, $A = 390,0 \text{ m}^2$
Außenentwässerung nach zwei Seiten
Gefälledämmung mit 2,0 % Gefälle, größte Dicke $d_k = 0,130 \text{ m}$

$390,0 \text{ m}^2$ rechteckige Keilfläche mit $U = 0,119 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Dämmstoffvolumen (nur Gefälledämmung) = $25,4 \text{ m}^3$

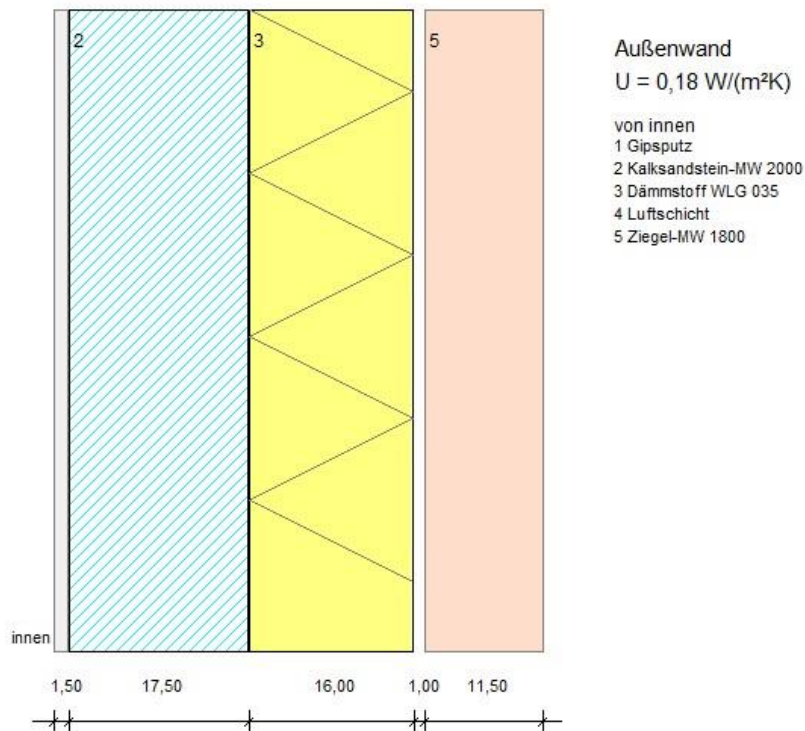
mittlerer U-Wert mit keilförmiger Dämmschicht = $0,119 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

$U_{\text{Rechteck-Keil}} = 1/R_1 \cdot \ln(1 + R_1 / R_0)$ mit $R_1 = d_k/\lambda$ und $R_0 = R_T$ (C.1)
 $U_{\text{Dreieck-Keil, Spitze hoch}} = 2/R_1 \cdot [(1 + R_0 / R_1) \cdot \ln(1 + R_1 / R_0) - 1]$ (C.2)
 $U_{\text{Dreieck-Keil, Spitze tief}} = 2/R_1 \cdot [1 - R_0 / R_1 \cdot \ln(1 + R_1 / R_0)]$ (C.3)

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,119 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (ohne Korrekturen)

2.) Außenwand



Bauteiltyp "Außenwand" (3)
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Gipsputz	1,50	1400	21,0	0,700	0,021
02 Kalksandstein-MW 2000	17,50	2000	350,0	1,100	0,159
03 Dämmstoff WLG 035	16,00	20	3,2	0,032	5,000
04 Luftschicht	1,00	1	0,0	–	0,150
05 Ziegel-MW 1800	11,50	1800	207,0	0,810	0,142
R_{se}					0,040
d = 47,50 G = 581,2 $R_T = 5,64$					

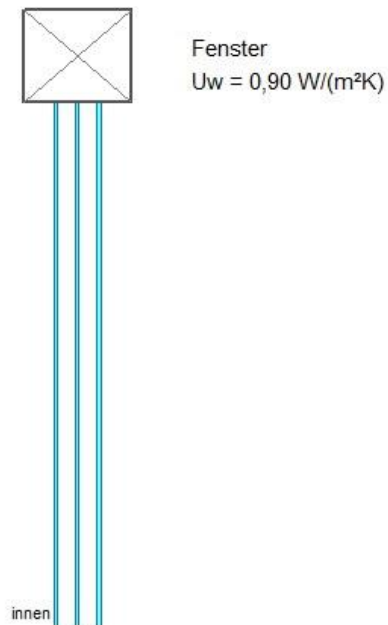
Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,177 + 0,004 = 0,181 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,004 Korrektur für Befestigungsteile aus Edelstahl $\Delta U_f = 0,8 \cdot \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f / d_0 \cdot (R_1 / R_{T,h})^2$
5 Befestigungselemente / m² mit $\lambda_f = 17,000 \text{ W/(mK)}$, $A_f = 13 \text{ mm}^2/\text{St}$, $d_0 = 0,200 \text{ m}$, $R_1 / R_{T,h} = 5,71 / 6,36 \text{ m}^2\text{K/W}$

U-Wert Gesamtkorrektur < 3% $\Rightarrow U = 0,177 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

3.) Fenster

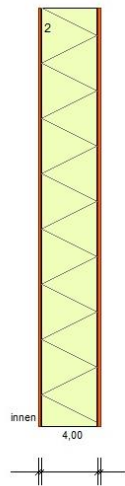


Bauteiltyp "Fenster"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,900 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)
(Fenster mit $A_g = 70\%$ Verglasung, Energiedurchlassgrad $g = 50\%$, Lichttransmissionsgrad $t_{D65} = 0,69$)

4.) Außentür



Außentür
 $U = 1,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
von innen
1 Aluminiumlegierungen
2 z.B. PUR-Hartschaum
3 Aluminiumlegierungen

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

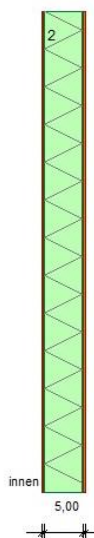
Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}				0,130
01 Aluminiumlegierungen	0,20	2800	160,000	0,000
02 z.B. PUR-Hartschaum	4,00	30	0,040	1,000
03 Aluminiumlegierungen	0,20	2800	160,000	0,000
R_{se}				0,040
d =	4,40	G =	12,4	$R_T = 1,17$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,100 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

5.) Rolltor



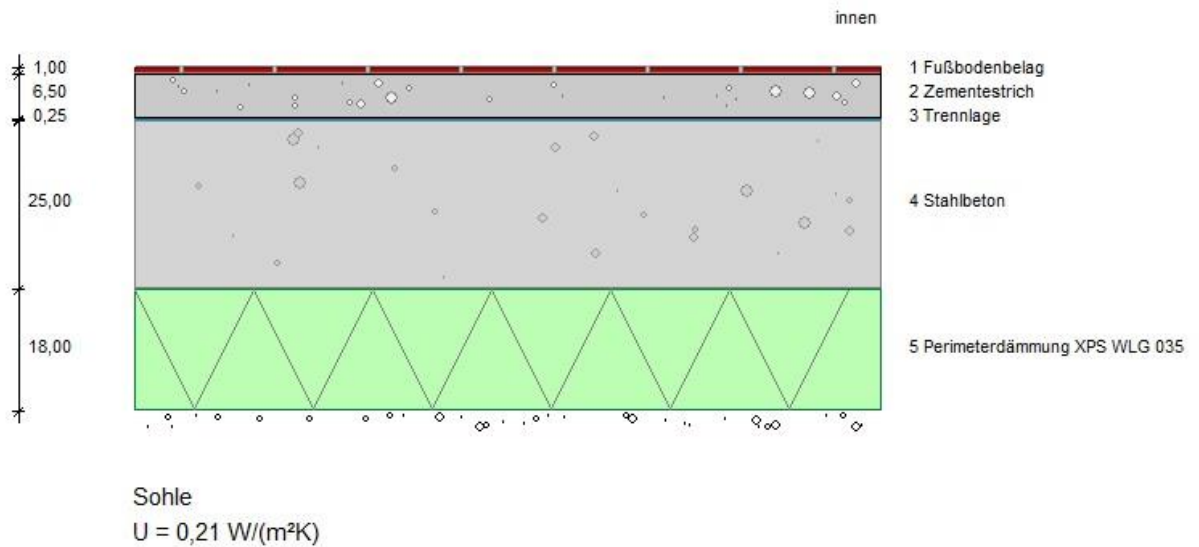
Rolltor
 $U = 1,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
von innen
1 Stahl
2 XPS 030, II
3 Stahl

Bauteiltyp "Tor mit Metall- oder Paneelbeplankung, 15 mm Dämmstoff"
mit den Wärmeübergangswiderständen
 $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,800 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (manuell festgelegt)

6.) Bodenplatte



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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Fußbodenbelag	1,00	2000	20,0	–	–
02 Zementestrich	6,50	2000	130,0	1,400	0,046
03 Trennlage	0,25	20	0,1	–	–
04 Stahlbeton	25,00	2400	600,0	2,100	0,119
05 Perimeterdämmung XPS WLG 035	18,00	25	4,5	0,040	4,500
R_{se}					0,000
	d = 50,75	G = 754,5		$R_T = 4,84$	

Wärmedurchgangskoeffizient

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

4 Anlagentechnik

Heizungsanlage:

- Luft-Wasser-Wärmepumpe, zentrales Verteilsystem
- Fußbodenheizung bzw. Hallenheizung (Fußbodenheizung), Auslegungstemperatur 55/45 °C
- Pufferspeicher innerhalb der thermischen Hülle

Anlage zur Warmwasserbereitung:

- Vernachlässigbar aufgrund Geringfügigkeit des Bedarfs
- Dezentral, elektrisch

RLT-Anlage:

- Zu- und Abluftanlage mit WRG > 75%
- Zeit- / Nutzungsabhängig
- Feuchteanforderung ohne Toleranz

PV-Anlage:

- PV-Anlage zur **eigenen Strombedarfsdeckung (Vorrangnutzung)**
- Spitzenleistung des Photovoltaiksystems: 27,0 kWp
(dieser Wert ist durch einen Fachplaner der Anlage zu bestätigen!)

Beleuchtung:

- LED-Leuchten, EVG, direkt

Sonstiges:

- Keine Solaranlage
- Keine Klimatisierung
- Nachtabsenkung wird nicht berücksichtigt

Luftdichtheit:

- Bei Berechnung nach DIN 18599 wurde eine reduzierte Luftwechselzahl von $n_{50} = 1,00 \text{ h}^{-1}$ angesetzt.
Nach GEG 2020 ist diese nach Fertigstellung des Gebäudes durch eine Luftdichtheitsmessung zu bestätigen. Es ist von Beginn der Planung bis zur Bauausführung besonders auf die Luftdichtheit zu achten!

Genauere Angaben zu der verwendeten Anlagentechnik sind durch den jeweiligen Fachunternehmer nachzuweisen.

5 Zonierung

Die **Zonierung** des Gebäudes erfolgt aufgrund von Bereichen mit unterschiedlicher Nutzung und Konditionierung nach DIN V 18599-1 in Verbindung mit DIN V 18599-10. Es darf eine Zonenzusammenführung aufgrund von Geringfügigkeit gemäß Punkt 6.3.4 der DIN V 18599-1 durchgeführt werden. Somit dürfen kleine Zonen, trotz einer anderen Nutzung (wie z.B. Lager), auf maßgebende thermisch konditionierte Zonen zugeschlagen werden. Dies führt zu einer Vereinfachung der Zonierung.

Zone	Nutzung	Nutzungsrandbedingungen	RLT-Anlage
Z 1	Einzelbüro	beheizt, > 19°C beleuchtet, belüftet	Zu-/Abluft-Anlage + WRG > 75%, Zeit- und Nutzungsabhängig
Z 2	Sanitär NWG	beheizt, > 19°C beleuchtet, belüftet, TWW	Zu-/Abluft-Anlage + WRG > 75%, Zeit- und Nutzungsabhängig
Z 3	Nebenflächen, Lager, Technik, Flure	beheizt, > 19°C beleuchtet	-
Z 4	Klassenzimmer (auch Werkstattbereiche)	beheizt, > 19°C beleuchtet, belüftet	Zu-/Abluft-Anlage + WRG > 75%, Zeit- und Nutzungsabhängig

Eine Übersicht der Zonierung ist in Anlage 1 zu finden.

6 Sommerlicher Wärmeschutz

Der **Sommerliche Wärmeschutz** wurde für den maßgebenden kritischen Raum (Aufenthaltsraum) gemäß DIN 4108-2:2013 über das Nachweisverfahren des zulässigen maximalen Sonneneintragskennwert geführt.

Für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes wurde teilweise **eine erhöhte Nachtlüftung ($n \geq 2 \text{ h}^{-1}$)** berücksichtigt. Dieser Ansatz ist durch geeignete Maßnahmen wie z.B. eine Lüftungsanlage zu gewährleisten.

Zur Erfüllung des Nachweises sind folgende Sonnenschutzmaßnahmen vorzusehen:

Büro (NW):

- keine Nachtlüftung angesetzt, obwohl Lüftungsanlage vorhanden
- 3-fach Wärmeschutzverglasung $g = 50 \%$
- keine Sonnenschutzvorrichtung ($F_C = 1,00$)

Werkstattbereich (NW-SW):

- Erhöhte Nachtlüftung ($n \geq 2 \text{ h}^{-1}$) durch z.B. Lüftungsanlage

Fenster NW:

- 3-fach Sonnenschutzverglasung $g \leq 40 \%$
- keine Sonnenschutzvorrichtung ($F_C = 1,00$)

Fenster SW:

- verglaste Flächen in den Rolltoren werden überschlägig berücksichtigt:
 $A = 23,68 \text{ m}^2$, $g \leq 80 \%$ (keiner weiteren Angaben zur Verglasung)
- Vordach ($F_C = 0,50$)

Unterricht (SO-SW):

- Erhöhte Nachtlüftung ($n \geq 2 \text{ h}^{-1}$) durch z.B. Lüftungsanlage
- 3-fach Sonnenschutzverglasung $g \leq 40 \%$
- keine Sonnenschutzvorrichtung ($F_C = 1,00$)

Siehe auch Anlage 1.

7 Gebäudeberechnung

7.1 Energetische Bewertung von Gebäuden (Nichtwohngebäude)

Projekt: BBS Rostock Neubau Nr.2

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

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

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

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

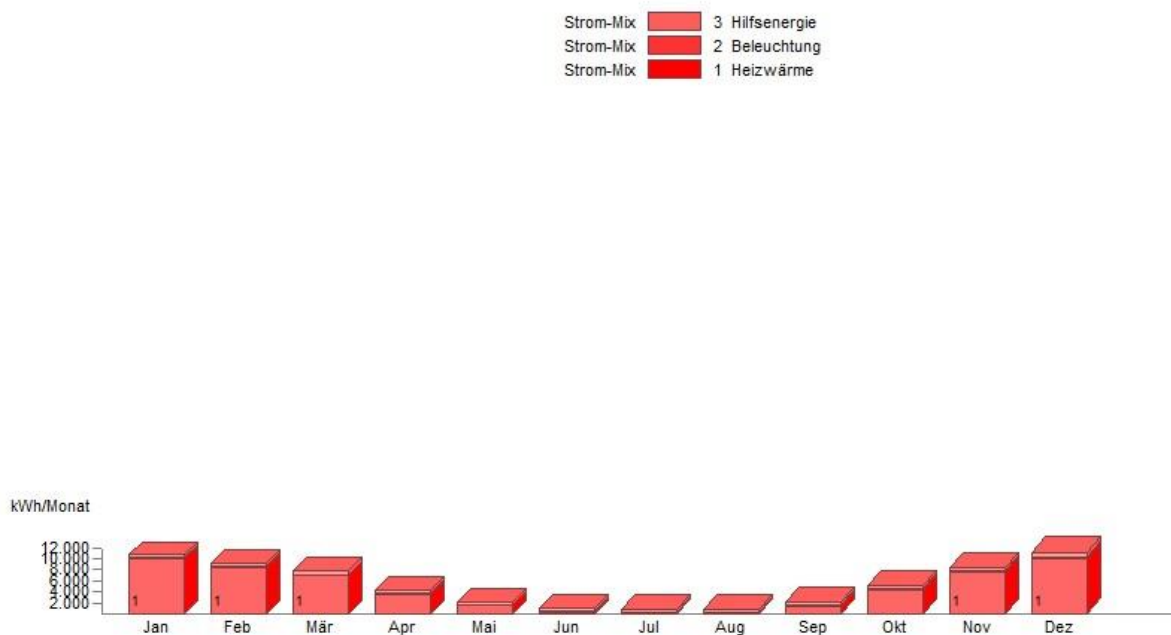
DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

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

Gebäudeberechnung "BBS Werkstattneubau"

Primärenergiebedarf nach Energieträgern



Nachweisverfahren

Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach GEG 2020, §§ 18 und 19 und Anlage 2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

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

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

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

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	A_{NGF} m ²	V_i m ³
<1> Einzelbüro	201 Einzelbüro	250	20,0	17,4	12	37
<2> Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,3	51	196
<3> Nebenflächen, Lager, Te	218 Nebenflächen	250	20,1	17,4	124	430
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	208 Klassenzimme	200	19,5	17,4	464	1653
					651	2.316

Gebäude, $A_{NGF} = 650,6 \text{ m}^2$

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 Nachtabsenkung

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

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
EGBüro						
1 F 0101 FAW N-W	1:0	8,3	0,177	1,00 FAW	51	1,5
2 A 0101 FF N-W	1:0	2,1	0,900	1,00 FF	51 02	1,9
3 F 0100 FG	1:0	13,2	0,207	0,55 Ffb	51 19 25 15	1,5
EGWerkstatt						
4 F 0201 FAW N-W	4:0	43,6	0,177	1,00 FAW	51	7,7
5 F 0202 FAW Süd	4:0	18,9	0,177	1,00 FAW	51	3,3
6 F 0203 FAW S-W	4:0	10,0	0,177	1,00 FAW	51	1,8
7 F 0204 FAW Süd	4:0	11,5	0,177	1,00 FAW	51	2,0
8 F 0205 FAW S-O	4:0	30,2	0,177	1,00 FAW	51	5,3
9 F 0206 FAW N-O	4:0	4,5	0,177	1,00 FAW	51	0,8
10 F 0210 FAW S-O	4:0	14,3	0,177	1,00 FAW	51	2,5
11 A 0201 FF N-W	4:0	41,9	0,900	1,00 FF	51 02	37,7
12 T 0203 FAW S-W , Tür	4:0	15,8	1,800	1,00 FAW	51	28,5
13 F 0200 FG	4:0	263,8	0,207	0,55 Ffb	51 19 25 15	30,0
EGSanitär						
14 F 0301 FAW N-O	2:0	12,0	0,177	1,00 FAW	51	2,1
15 F 0304 FAW S-W	2:0	4,8	0,177	1,00 FAW	51	0,8
16 F 0305 FAW S-O	2:0	12,0	0,177	1,00 FAW	51	2,1
17 F 0300 FG	2:0	12,3	0,207	0,55 Ffb	51 19 25 15	1,4
EGLager						
18 F 0404 FAW S-O	3:0	30,9	0,177	1,00 FAW	51	5,5
19 F 0400 FG	3:0	28,6	0,207	0,55 Ffb	51 19 25 15	3,3

EG Nebenflächen									
20	F	0501	FAW	N-W	3:0	19,4	0,177	1,00	FAW 51 3,4
21	F	0503	FAW	S-O	3:0	6,2	0,177	1,00	FAW 51 1,1
22	F	0506	FAW	N-O	3:0	22,9	0,177	1,00	FAW 51 4,1
23	A	0503	FF	S-O	3:0	1,2	0,900	1,00	FF 51 02 1,1
24	A	0506	FF	N-O	3:0	4,7	0,900	1,00	FF 51 02 4,2
25	T	0506	FAW	N-O , Tür	3:0	7,0	1,100	1,00	FAW 51 7,8
26	F	0500	FG		3:0	62,1	0,207	0,55	Ffb 51 19 25 15 7,1
OGNebenflächen									
27	F	0609	FD		3:0	52,1	0,119	1,00	FD 51 6,2
28	F	0601	FAW	N-W	3:0	22,9	0,177	1,00	FAW 51 4,0
29	F	0608	FAW	N-O	3:0	22,4	0,177	1,00	FAW 51 4,0
30	A	0608	FF	N-O	3:0	4,7	0,900	1,00	FF 51 02 4,2
OGSanitär									
31	F	0705	FD		2:0	9,4	0,119	1,00	FD 51 1,1
32	F	0701	FAW	N-W	2:0	11,2	0,177	1,00	FAW 51 2,0
33	A	0701	FF	N-W	2:0	1,2	0,900	1,00	FF 51 02 1,0
OGSanitär2									
34	F	0809	FD		2:0	43,1	0,119	1,00	FD 51 5,1
35	F	0805	FAW	S-O	2:0	17,6	0,177	1,00	FAW 51 3,1
36	F	0806	FAW	S-W	2:0	5,8	0,177	1,00	FAW 51 1,0
37	F	0807	FAW	S-O	2:0	14,1	0,177	1,00	FAW 51 2,5
38	F	0808	FAW	N-O	2:0	21,8	0,177	1,00	FAW 51 3,9
39	A	0805	FF	S-O	2:0	3,5	0,900	1,00	FF 51 02 3,1
40	A	0808	FF	N-O	2:0	7,0	0,900	1,00	FF 51 02 6,3
OGSchulung									
41	F	0909	FD		4:0	257,2	0,119	1,00	FD 51 30,6
42	F	0901	FAW	N-W	4:0	60,8	0,177	1,00	FAW 51 10,8
43	F	0902	FAW	Süd	4:0	22,5	0,177	1,00	FAW 51 4,0
44	F	0903	FAW	S-W	4:0	30,7	0,177	1,00	FAW 51 5,4
45	F	0904	FAW	Süd	4:0	14,2	0,177	1,00	FAW 51 2,5
46	F	0905	FAW	S-O	4:0	37,4	0,177	1,00	FAW 51 6,6
47	F	0906	FAW	N-O	4:0	5,7	0,177	1,00	FAW 51 1,0
48	F	0907	FAW	S-O	4:0	27,0	0,177	1,00	FAW 51 4,8
49	A	0901	FF	N-W	4:0	42,0	0,900	1,00	FF 51 02 37,8
50	A	0907	FF	S-O	4:0	13,7	0,900	1,00	FF 51 02 12,3

$\Sigma A [m^2] = 1.450,1$ $\Sigma H_T [W/K] = 332,1$

Bodenplattenmaß $B' (25) = A_G / (0.5 P) = 379,98 / 47,13 = 8,06$ 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).
- 15 Bodenplatte auf Erdreich mit waagerechter Randdämmung (> 5 m breit, $R_n > 2$ m²K/W).
- 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.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,05 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.

Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

$H_{T,WB} = 72,5$ W/K (21,8 %, 0,050 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

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> Einzelbüro	5	2	0	6	0	0
<2> Sanitär	43	1	0	44	0	0
<3> Nebenflächen, Lager,	60	10	0	70	0	0
<4> Klassenzimmer/Werksta	254	30	0	284	0	0
	361	43		405		

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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 404,6 / 1.450,1 = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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	0,90		

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

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,90 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} -40,0\%$

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie I, mit RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 1,00 \text{ h}^{-1}$

Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 2 \cdot 1450 / 2316 = 1,25 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

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

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h ⁻¹	V_A m ³ / (m ² h)	Luftwechsel		Fenster n_{win} h ⁻¹	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h ⁻¹	n_{inf} h ⁻¹		$n_{m,ZUL}$ h ⁻¹	$t_{V,m}$ h/d
<1> Einzelbüro	-	1,27	4,00	1,26	0,09	0,10	1,26	13
<2> Sanitär	-	1,79	15,00	3,91	0,13	0,10	3,91	13
<3> Nebenflächen,	-	1,33	0,15	0,04	0,09	0,10	-	-
<4> Klassenzimmer/	-	1,17	10,00	2,81	0,08	0,82	0,79	9

⇒ WE-Betrieb ...

<1> Einzelbüro	0,00	0,00	0,09	0,10
<2> Sanitär	0,00	0,00	0,13	0,10
<3> Nebenflächen, Lager, Tech	0,00	0,00	0,09	0,10
<4> Klassenzimmer/Werkstatt z	0,00	0,00	0,08	0,10

Zone <1> RLT-Anlage (229) mit $V_{SUP/ETA} = 47 / 47 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <2> RLT-Anlage (229) mit $V_{SUP/ETA} = 766 / 766 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <4> RLT-Anlage (229) mit $V_{SUP/ETA} = 1300 / 1300 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

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

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

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

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

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

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

n_{mech} = $n_{mech,ZUL}$ = 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 m³	$H_{V,z,Jan}$ W/K	$H_{V,inf}$ W/K	$H_{V,win}$ W/K	ΣH_V W/K	$H_{V,mech}$ W/K	$\vartheta_{V,Jan}$ °C
<1> Einzelbüro	37	0	1	1	2	9	18,3
<2> Sanitär	196	0	8	7	15	141	18,3
<3> Nebenflächen, La	430	0	14	15	28	0	
<4> Klassenzimmer/We	1.653	0	46	461	507	166	18,3
		0	69	484	553	315	

⇒ WE-Betrieb ...

<1> Einzelbüro	0	1	1	2
<2> Sanitär	0	8	7	15
<3> Nebenflächen, Lager, Te	0	14	15	28
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	0	46	56	102

0 69 79 148

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

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

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

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

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
2 A 0101 FF N-W	1	1,48	11/ 95	36/ 36 7100	0,1/ 1,2
11 A 0201 FF N-W	4	29,33	11/ 95	29/ 29 "	2,3/ 19,5
23 A 0503 FF S-O	3	0,87	50/ 132	36/ 36 "	0,4/ 1,0
24 A 0506 FF N-O	3	3,30	11/ 112	36/ 36 "	0,3/ 3,2
30 A 0608 FF N-O	3	3,30	11/ 112	36/ 36 "	0,3/ 3,2
33 A 0701 FF N-W	2	0,81	11/ 95	36/ 36 "	0,1/ 0,7
39 A 0805 FF S-O	2	2,44	50/ 132	36/ 36 "	1,1/ 2,8
40 A 0808 FF N-O	2	4,93	11/ 112	36/ 36 "	0,5/ 4,8
49 A 0901 FF N-W	4	29,36	11/ 95	29/ 29 "	2,3/ 19,5
50 A 0907 FF S-O	4	9,60	50/ 132	29/ 29 "	3,4/ 8,9
		85,40			11/ 65

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

=

5, G2 = 10 und G3 = 30

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

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

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

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

nicht bilanziert

solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
<1> Einzelbüro	20	11	5	3	4	7	15	243
<2> Sanitär	149	105	40	26	50	52	123	1.764
<3> Nebenfläch	115	73	30	18	31	40	95	1.448
<4> Klassenzim	852	546	225	137	244	286	671	10.080
	1.136	736	300	184	330	384	904	13.535

.....
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> Einzelbüro	12	0,4	0,5	0,0	0,9
<2> Sanitär	51	-	-	0,0	0,0
<3> Nebenflächen, Lager, Tec	124	-	-	0,0	0,0
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	464	46,4	9,3	0,0	55,7

⇒ WE-Betrieb ...

<1> Einzelbüro	-	-	0,0	0,0
<2> Sanitär	-	-	0,0	0,0
<3> Nebenflächen, Lager, Tec	-	-	0,0	0,0
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	-	-	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> Einzelbüro	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
<2> Sanitär	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
<3> Nebenflächen, Lager, Tech	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0
<4> Klassenzimmer/Werkstatt z	0,0	5,9	0,3	0,0	0,0

AB = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

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

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

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

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

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

Zone	Σ H _T W/K	Σ H _v W/K	Σ H _{v,mech} W/K	Q _{sink} kWh/d	Q _{source} kWh/d	γ
<1> Einzelbüro	6	2	9	5	1	0,309
<2> Sanitär	44	15	141	34	2	0,067
<3> Nebenflächen, Lager, Tec	70	28	0	50	1	0,026
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	284	507	166	381	70	0,184

Zone	C _{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a	η	η _{WE}
<1> Einzelbüro	50	17	34,20	3,14	0,982	1,000
<2> Sanitär	50	201	12,73	1,80	0,993	1,000
<3> Nebenflächen, Lager, Tec	50	98	62,90	4,93	1,000	1,000
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	50	957	24,25	2,52	0,989	1,000

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

Σ H_v = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

Σ H_{v,mech} = Transferkoeffizient aus mechanischer Lüftung mit WRG ohne Kühlfunktion

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

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

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

C_{wirk} = wirksame Wärmespeicherfähigkeit, Standardwert 50 bis maximal 130 Wh/(m²K) bei schweren Bauweisen mit normalen

Raumhöhen und ohne Innenverkleidungen, bezogen auf einen m² Grundfläche

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

a = a₀ + τ / τ₀ = 1 + τ / 16 = numerischer Parameter

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

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

Temperaturrandbedingungen

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

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

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

Zone <1> Einzelbüro

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 (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0$ °C und $Q_I = 0,8$ kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,782	0,910	0,971	0,984	0,982	0,977	0,949	0,770
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,974	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,831
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	10	10	10	10	10	9	10	111
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.216
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	25	52	71	69	57	45	340
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	5	15	21	21	17	11	90
Q_T	kWh	27	47	67	82	82	71	67	552
Q_V	kWh	5	18	31	40	40	34	30	196
Q_S^*	kWh	17	11	5	3	4	6	15	158
Q_I^*	kWh	20	25	26	28	27	24	26	247

$\eta_{\text{source}} / \eta_{\text{source,WE}}$ = 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

Zone <2> Sanitär

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,986	0,961	0,992	0,996	0,993	0,991	0,964	0,932
$\eta_{source,WE}$		0,921	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000	0,997	0,822
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	27	45	44	45	45	41	45	496
t_h	h	184	744	720	744	744	672	744	5.272
$Q_{h,b,RE}$	kWh	7	276	537	707	682	580	468	3.449
$Q_{h,b,WE}$	kWh	3	52	129	174	166	138	101	781
Q_T	kWh	194	344	489	601	598	515	487	4.030
Q_V	kWh	-28	99	232	323	315	267	214	964
Q_S^*	kWh	144	102	40	26	50	51	120	1.482
Q_I^*	kWh	12	13	14	16	15	13	13	145

Zone <3> Nebenflächen, Lager, Technik, Flure

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,1\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,4\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,967
$\eta_{source,WE}$		0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,924
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	64	110	106	110	110	99	110	1.085
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.216
$Q_{h,b,RE}$	kWh	291	605	862	1.052	1.038	891	819	6.546
$Q_{h,b,WE}$	kWh	22	85	193	264	258	214	169	1.257
Q_T	kWh	309	548	779	957	952	822	776	6.423
Q_V	kWh	124	220	313	384	382	330	312	2.579
Q_S^*	kWh	115	73	30	18	31	40	95	1.326
Q_I^*	kWh	4	5	6	7	7	6	6	61

Zone <4> Klassenzimmer/Werkstatt zu Schulungszwecken

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5\text{ °C}$ und $Q_I = 55,7\text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,4\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,855	0,955	0,984	0,990	0,989	0,986	0,974	0,841
$\eta_{source,WE}$		0,971	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,847
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	241	411	398	411	411	371	411	4.392
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.366
$Q_{h,b,RE}$	kWh	819	2.532	4.202	5.381	5.294	4.502	3.933	30.048
$Q_{h,b,WE}$	kWh	75	565	1.239	1.662	1.603	1.332	1.018	7.743
Q_T	kWh	1.202	2.132	3.032	3.726	3.708	3.198	3.022	25.004
Q_V	kWh	1.326	2.495	3.635	4.504	4.475	3.856	3.607	29.064

Q _S *	kWh	773	532	223	136	243	284	661	7.520
Q _I *	kWh	861	999	1.003	1.051	1.043	936	1.017	10.347

Summe Heizwärmebedarf

	Q _T kWh/a	Q _V kWh/a	Q _S *	Q _I *	Q _{h,b} kWh/a	Q _{h,b} kWh/ (m ² a)
<1> Einzelbüro	552	196	158	247	430	36,8
<2> Sanitär	4.030	964	1.482	145	4.230	82,8
<3> Nebenflächen, L	6.423	2.579	1.326	61	7.803	63,0
<4> Klassenzimmer/W	25.004	29.064	7.520	10.347	37.790	81,4
	36.009	32.803	10.486	10.799	50.253	77,2

RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

Gewählte RLT-Anlagen

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP, Jan}$ °C
<1> Einzelbüro	oT	229 RLT-Anlage	VE LBv rec75	18,3
<2> Sanitär	oT	229 RLT-Anlage	VE LBv rec75	18,3
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	oT	229 RLT-Anlage	VE LBv rec75	18,3

Zone <1> RLT-Anlage (229) mit V_{SUP}/ETA = 47 / 47 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <2> RLT-Anlage (229) mit V_{SUP}/ETA = 766 / 766 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <4> RLT-Anlage (229) mit V_{SUP}/ETA = 1300 / 1300 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Feuchteanforderung mT / oT = 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

Strombedarf der Ventilatoren

	V _{mech,m} m ³ /h	t _v *d _v h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W _{V, Jan} kWh
<1> Einzelbüro	47	276	0,00	0,01	4
<2> Sanitär	766	276	0,32	0,21	147
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	1300	153	0,54	0,36	138

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<1> Einzelbüro	3	4	3	4	4	3	4	42
<2> Sanitär	142	147	142	147	147	133	147	1.732
<4> Klassenzimm	134	138	134	138	138	125	138	1.625
	279	289	279	289	289	261	289	3.400

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

t_v*d_v = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage = h/Tag * Tage * Nutzungsanteil im Regelbetrieb

PV, SUP / PV, ETA = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (10), 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	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	CTL %
1 A 0101 FAW N-W	N-W 1	500	13,7	2,1	gering	51
2 A 0201 FAW N-W	N-W 4	300	91,0	41,9	gut	96
3 A 0503 FAW S-O	S-O 3	100	8,7	1,2	gering	67
4 A 0506 FAW N-O	N-O 3	100	14,0	4,7	gut	94
5 A 0608 FAW N-O	N-O 3	100	14,0	4,7	gut	94
6 A 0701 FAW N-W	N-W 2	200	5,6	1,2	mittel	79
7 A 0805 FAW S-O	S-O 2	200	18,2	3,5	mittel	81
8 A 0808 FAW N-O	N-O 2	200	17,0	7,1	gut	95
9 A 0901 FAW N-W	N-W 4	300	91,1	42,0	gut	96
10 A 0907 FAW S-O	S-O 4	300	36,8	13,7	gut	91

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	A_{NGF} [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
<1> Einzelbüro	12	14	-2
<2> Sanitär	51	41	10
<3> Nebenflächen, Lager,	124	37	87
<4> Klassenzimmer/Werkst	464	219	245

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 Nutzenebene über dem Fußboden, und b_{TL} = Breite des Tageslichtbereichs

A_{RB} = Fensterfläche (Rohbaumaße), E_m = Wartungswert der Beleuchtungsstärke (Zonenrandbedingung)

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

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

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

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

Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich				CTL	CTL, kon	FTL	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun
							%	%	%	%	%	%
1	A	0101	FAW N-W	1	51	47	80	77	75	73	72	72
2	A	0201	FAW N-W	4	96	60	51	44	39	36	33	33
3	A	0503	FAW S-O	3	67	50	71	67	64	62	61	61
4	A	0506	FAW N-O	3	94	60	52	46	41	37	35	34
5	A	0608	FAW N-O	3	94	60	52	46	41	37	35	34
6	A	0701	FAW N-W	2	79	55	63	58	54	52	50	49
7	A	0805	FAW S-O	2	81	55	62	57	53	50	48	48
8	A	0808	FAW N-O	2	95	60	51	45	39	36	34	33
9	A	0901	FAW N-W	4	96	60	51	44	39	36	33	33
10	A	0907	FAW S-O	4	91	60	53	47	42	39	37	36

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (4)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen lx	p _j W/m ²	f _{Prä} m ²	t _{T, TL} h/m	t _{T, KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l, b} kWh/m
1 <1> Einzelbüro	1	500	9-1-1	6,1	0,85	147	2162	176	13
2 <2> Sanitär	2	200	9-1-1	3,0	0,55	69	1399	114	14
3 <3> Nebenflächen,	3	100	9-1-1	1,1	0,14	18	369	30	4
4 <4> Klassenzimmer	4	300	9-1-1	3,0	0,88	54	1225	0	112

143

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 653 m²

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_f

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> Einzelbüro	9	9	9	10	9	8	9	105
<2> Sanitär	12	13	14	15	14	12	12	149
<3> Nebenfläch	4	4	4	4	4	4	4	47
<4> Klassenzim	91	98	99	107	101	87	93	1.120
	115	124	125	136	128	111	118	1.421

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 * [A_{TL} * (t_{Tag, TL} + t_{Nacht}) + A_{KTL} * (t_{Tag, KTL} + t_{eff, Nacht})] (Gl.2)

Q_f = Σ F_{t, n} * Σ Q_{l, b} = Q_{i, L, elektr} = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
 Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q _{sink}	Q _{source}	γ	c _{wirk}	τ	η
<1> Einzelbüro	1	2	4,066	50,000	34,20	0,243
<2> Sanitär	4	9	2,072	50,000	12,73	0,405
<3> Nebenflächen, Lager, Tec	7	8	1,078	50,000	62,90	0,798
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	57	109	1,912	50,000	24,25	0,469

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ Q _{C,b} (Raumklima)								
<1> Einzelbüro	0	1	1	2	9	25	40	191
<2> Sanitär	0	0	0	3	26	83	162	754
<3> Nebenfläch	-	-	-	-	-	1	7	49
<4> Klassenzim	10	12	13	32	122	364	691	3.501

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

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> Einzelbüro	13	0,3	0,1	nein
<2> Sanitär	13	1,8	0,8	nein
<3> Nebenflächen, Lager, Te	13	1,4	0,5	nein
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	9	19,1	11,5	nein
		22,6	12,9	

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

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	q _{w,b} kWh/d je	Menge	Q _{w,b, Jan} kWh/M
<1> Einzelbüro	nicht relevant			-
<2> Sanitär	nicht relevant			-
<3> Nebenflächen, La	nicht relevant			-
<4> Klassenzimmer/We	nicht relevant			-

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

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

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> Einzelbüro	0,2	0,0	47	0,1	0,4
<2> Sanitär	1,4	0,2	766	2,1	3,7
<3> Nebenflächen, Lager, Te	2,2	0,5	0	0,0	2,7
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	9,1	8,1	1306	3,6	20,7

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

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

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

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

Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Fußbodenheizung Nasssystem		1/2/3/	12.462	6,8	11,9
2 Hallenheizung Fußbodenheizung		4/	37.791	20,7	22,9
3					

<1> Fußbodenheizung Nasssystem, bis 8 Heizflächen / Durchflussregler, intermittierend,

Zweipunktregler/P-Regler, mit Mindestdämmung

<2> Hallenheizung Fußbodenheizung, bis 8 Heizflächen / Durchflussregler, P-Regler, ohne Dämmung, Überdeckung bis 10 cm

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b,<1>}$ kWh	323	1.047	1.789	2.290	2.234	1.898	1.613	12.462
$Q_{h,b,<2>}$ kWh	894	3.097	5.441	7.043	6.897	5.834	4.951	37.791

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

Heizzeiten

(1) Bereich "Fußbodenheizung Nasssystem", Leitzone <1> Einzelbüro

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_{h,<1>}$ h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.216
$t_{h,rL,d,<1>}$ h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB,<1>}$ d/m	21	23	24	26	26	23	25	232
$t_{h,rL,<1>}$ h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.507

(2) Bereich "Hallenheizung Fußbodenheizung", Leitzone <4> Klassenzimmer/Werkstatt zu Schulungszwecken

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_{h,<4>}$ h/m	720	744	720	744	744	672	744	6.366
$t_{h,rL,d,<4>}$ h/d	9	9	13	15	15	15	13	
$d_{h,rB,<4>}$ d/m	17	20	22	24	24	21	22	183
$t_{h,rL,<4>}$ h/m	151	186	285	370	367	312	282	2.254

$t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE}$ = 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)
 $t_{h,rL} = t_{h,rL,day} \cdot d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Laufzeit

Heizwärmeübergabe

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Fußbodenheizung Nasssystem, bis 8 Heizflächen / Durchflussregler, intermittierend, Zweipunktreger/P-Regler, mit Mindestdämmung

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

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\theta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,1%)

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

(2) Hallenheizung Fußbodenheizung

Hallenheizung Fußbodenheizung, bis 8 Heizflächen / Durchflussregler, P-Regler, ohne Dämmung, Überdeckung bis 10 cm

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\theta_{ce} = 0,2+1,0+0,05312+1,2 = 2,45^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\theta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (17,0%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Fußbodenheizung Nasssystem									
$Q_{h,b}$	kWh	323	1.047	1.789	2.290	2.234	1.898	1.613	12.462
$Q_{h,ce}$	kWh	102	192	223	240	236	210	209	1.751
(2) Hallenheizung Fußbodenheizung									
$Q_{h,b}$	kWh	894	3.097	5.441	7.043	6.897	5.834	4.951	37.791
$Q_{h,ce}$	kWh	353	712	852	927	912	808	803	6.408
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	1.672	5.047	8.305	10.500	10.279	8.750	7.575	58.412

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

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

Heizwärmeverteilung

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

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 2
Etagenverteilttyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 194,3$
m², Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 2 Geschosse. manuell

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 55^\circ\text{C} / \theta_{RA} = 45^\circ\text{C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 21,0^\circ\text{C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 37 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, P_{Pumpe} unbekannt

(2) Hallenheizung Fußbodenheizung

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 2
 Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich}$ = 403,2
 m², Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 2 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) θ_{VA} = 55 °C / θ_{RA} = 45 °C, $T_{i,Soll,<4>}$ = 21,0 °C

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 14 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) Fußbodenheizung Nasssystem			
Leitungslängen l_i	51,0 m	2,3 m	- m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C
(2) Hallenheizung Fußbodenheizung			
Leitungslängen l_i	68,8 m	5,6 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								
$\beta_{h,d}$	0,09	0,24	0,41	0,50	0,49	0,46	0,36	
$\theta_{VL,av}$ °C	24,7	30,5	36,1	39,1	38,7	37,8	34,4	
$\theta_{RL,av}$ °C	23,6	27,7	31,7	33,8	33,5	32,9	30,5	
$Q_{h,d}$ kWh	31	52	86	115	113	95	80	628
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$ kWh	1	2	3	4	4	4	3	23

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

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

(2) Hallenheizung Fußbodenheizung

$\beta_{h,d}$	0,08	0,25	0,42	0,52	0,51	0,48	0,37	
$\theta_{VL,av}$ °C	24,6	30,5	36,5	39,6	39,3	38,3	34,9	
$\theta_{RL,av}$ °C	23,5	27,7	31,9	34,2	33,9	33,2	30,8	
$Q_{h,d}$ kWh	24	44	89	130	128	105	82	649
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$ kWh	1	2	6	9	9	7	5	42

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

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

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

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

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

$Q_{l,h,d}$ = $Q_{h,d}$ = ungeregelte 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)

Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	456	1.291	2.098	2.645	2.582	2.202	1.902	14.841

(2) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	1.270	3.852	6.382	8.100	7.937	6.747	5.836	44.848

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

Heizwärmepufferspeicher

Heizbereiche (1) (2)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 113$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 13,0$ °C

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

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 46$ W

(2) Hallenheizung Fußbodenheizung

Speicher: zur Wärmepumpe

Speicher-Nenninhalt $V = 218$ l, Umgebungstemperatur $\theta_u = 13,0$ °C

Bereitschaftswärmeverlust $q_{B,S} = 2,5$ kWh/d, Faktor für die Verbindungsleitung $f_{con} = 1,20$

Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme $P_{Pumpe} = 52$ W

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

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

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

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	24	29	34	37	37	36	33	
$Q_{h,s}$	kWh	-	26	32	38	37	32	31	218
$W_{h,s}$	kWh	2	9	14	18	17	15	13	98

(2) Hallenheizung Fußbodenheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	24	29	34	37	37	36	33	
$Q_{h,s}$	kWh	22	33	42	49	49	42	41	307
$W_{h,s}$	kWh	3	10	16	20	20	17	15	111

solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen

Heizbereiche (1) (2)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010, Heizungswärmepumpe, 11,9 kW
 Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d

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

Die Leistungszahlen (COP) werden für die planmäßige Vorlauftemperatur 55,0 °C und
 stundenanteil für die Temperaturklassen -7 / 2 / 7 / 20 °C korrigiert

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

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

(2) Hallenheizung Fußbodenheizung

Wärmepumpe 2, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010, Heizungswärmepumpe, 22,9 kW
 Energieträger Strom-Mix, maximale Laufzeit 20 h/d

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

Die Leistungszahlen (COP) werden für die planmäßige Vorlauftemperatur 55,0 °C und
 stundenanteil für die Temperaturklassen -7 / 2 / 7 / 20 °C korrigiert

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

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

Nachheizung mit elektrischem Heizstab

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

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

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

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

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

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl_{HZg} = 2,11

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	456	1.316	2.130	2.682	2.620	2.234	1.933	15.059
COP		3,05	2,50	2,24	2,08	2,09	2,10	2,25	
$t_{ON,g,d}$	h/d	1,4	4,1	7,3	9,7	9,5	8,8	6,5	
$Q_{h,f}$	kWh	184	570	992	1.332	1.306	1.106	908	7.123
$Q_{h,in}$	kWh	273	746	1.138	1.351	1.314	1.128	1.026	7.937

Wärmepumpe 2, Jahresarbeitszahl_{HZg} = 2,01

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	1.292	3.885	6.424	8.150	7.986	6.789	5.877	45.155
COP		2,69	2,24	2,07	1,99	2,00	1,99	2,07	
$t_{ON,g,d}$	h/d	2,0	6,2	11,3	14,5	14,0	13,4	10,2	
$Q_{h,f}$	kWh	590	1.823	3.131	3.986	3.822	3.383	2.927	21.937
$Q_{h,f, bu}$	kWh	-	-	66	319	471	170	25	1.051
$Q_{h,f, sum}$	kWh	590	1.823	3.197	4.305	4.293	3.553	2.952	22.988
$Q_{h,in}$	kWh	703	2.062	3.227	3.845	3.693	3.237	2.925	22.168

Konventionelle Heizwärmeerzeuger

nicht vorgesehen

Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	774	2.393	4.189	5.637	5.599	4.659	3.860	30.110
W_h	kWh	5	18	30	38	37	32	28	209
Strom-Mix	kWh	774	2.393	4.189	5.637	5.599	4.659	3.860	30.110
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	

$Q_{h,f}$ = 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

Energiebedarf (DIN V 18599-1)

Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen

Stromangebot aus Photovoltaikanlage nach DIN V 18599-9:2018

Peakleistung 27 kWp, quadratmeterbezogen $27 / (650,6) = 0,042 \text{ kWp/m}^2$

PV-Module N-W 8 ° Standort Deutschland (Potsdam)

Strom im örtlichen Zusammenhang erzeugt, vorrangig im Gebäude genutzt

Strombedarf für Heizwärme Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	1.174	2.824	4.624	6.100	6.053	5.062	4.294	35.140
Stromangebot	kWh	1.778	1.114	434	246	419	575	1.403	20.824
anrechenbar	kWh	1.174	1.114	434	246	419	575	1.403	10.372

Jahres-Stromproduktion = 20.824 kWh/a, Strombedarf = 35.140 kWh/a, anrechenbar = 10.372 kWh/a

Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
Strom-Mix	Heizwärme	1/2/3/4/	30.110	1,80	1,00	54.198
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/	1.421	1,80	1,00	2.558
Strom-Mix	Hilfsenergie		3.608	1,80	1,00	6.495
Strom-Mix	Stromgutschrift		-10.373	1,80	1,00	-18.671
$\Sigma \text{ [kWh/Jahr]}$			24.767			44.580

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 44.580 / 651 = 68,5 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ ($\Sigma A_{NGF} = 651 \text{ m}^2$)

Endenergie (brennwertbezogen) = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 5,5 kWh/(m²a), Strom-Mix 48,5 kWh/(m²a), Stromgutschrift
 [Strom-Mix] -15,9 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO₂)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO ₂ /kWh	Emissionen kg/a	kg/(m ² a)
Strom-Mix	30.110	560	16.862	
Strom-Mix	1.421	560	796	
Strom-Mix	3.608	560	2.021	
Strom-Mix	-10.373	560	-5.809	
	24.766		13.870	21,3

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

Endenergiebedarf nach Zonen

Zone	m ²	RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
<1> Einzelbüro	12	-	105	-	-	245	351
<2> Sanitär	51	-	149	-	-	2.417	2.565
<3> Nebenflächen,	124	-	47	-	-	4.458	4.505
<4> Klassenzimmer	464	-	1.120	-	-	22.989	24.110
Gebäude	651	-	1.421	-	-	30.109	31.530

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie
 Die Aufteilung der Endenergieanteile aus Prozessbereichen mit mehreren Zonen erfolgt lastabhängig.

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	5,2	2,2	0,0	0,0	77,2	84,7
Endenergiebedarf	5,2	2,2	0,0	0,0	46,6	54,0
Primärenergiebedarf	9,4	3,9	0,0	0,0	83,9	97,2

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

7.1.1 GEG-Nachweise

Nachweise

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

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**

Nachweis des Primärenergiebedarfs

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 18
 zul $q_{p,REF} = 143,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, aus der Referenzberechnung
 zul $q_p = 143,3 - 25\% = 107,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, geforderte Unterschreitung nach GEG §18
 vorh $q_p = 44.580 / 650,6 = 68,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

vorh $q_p = 68,5 \leq 107,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, **Grenzwert wird eingehalten**
 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

Nachweis über die Nutzungsanteile für erneuerbare Energien
(detaillierter Nachweis siehe Abs. 17)

Die Anforderungen aus dem Gebäudeenergiegesetz 2020, §§ 34 ff **werden erfüllt**

Bundesförderprogramme (BEG)

Bundesförderprogramme für den Neubau von Nichtwohngebäuden

Technische Mindestanforderungen zum Programm:
Bundesförderung für effiziente NWG-Neubauten, Effizienzgebäude BEG NWG 2021

Referenzberechnung = "BBS Werkstattneubau-Referenz2020"

Endenergieeinsparung 40.429 kWh/a
Primärenergieeinsparung 25.362 kWh/a
CO₂-Einsparung 2.493 kg/a

	Primärenergiebedarf		----- mittlere U-Werte -----				
	Q _p '	Opake	Fenster	Vorhf.	Oberl.		
	kWh/ (m²a)	W/ (m²K)	W/ (m²K)	W/ (m²K)	W/ (m²K)		
Referenzberechnung	100 %	143,3					
Zonen mit Ti >= 19°C	48 %	68,5	0,16	0,90			
Effizienzgebäude 55	55 %	78,8	0,22	1,20	1,20	2,00	OK
Effizienzgebäude 40	40 %	57,3	0,18	1,00	1,00	1,60	

7.1.2 Nutzungspflicht für Erneuerbare Energien

Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG 2011 / 2014

Nachweis für privat genutzte Gebäude
Wärme- und Kälteenergiebedarf = 30110 + 0 + 30104 + 0 = 60.215 kWh/Jahr (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil erzielt	Deckungsanteil gefordert	Nutzungs- anteil
Umweltenergie [H ₂ -WP]	59.164	98,3 %	50,0 %	196,6 %
PV-Strom [PV-Strom]	10.372	17,2 %	15,0 %	114,7 %
				311,3 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Nachweis mit HT' Grenzwert = HT' Referenzberechnung, ohne Nachweis der QP-Unterschreitung

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung erzielt	Unterschreitung gefordert	Nutzungs- anteil
HT' - Wert	W/ (m ² K)	0,41	0,28	32,5 %	15,0 %	216,5 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 527,8 % ≥ Nutzungspflichtanteil = 100 %

Die Anforderungen aus dem EEWärmeG 2011 / 2014 **werden erfüllt**

7.2 Flächenberechnung

Flächenberechnung (Flächen-1.REB)

EGBüro

Außenwände

1 F 0101 FAW N-W $3,05 \cdot 3,42 - [A 0101] = 8,32$

Öffnungen / Fenster

2 A 0101 FF N-W $0,76 \cdot 1,39 \cdot 2 = 2,11$

Grundflächen

3 F 0100 FG $13,18 = 13,18$

EGWerkstatt

Außenwände

4 F 0201 FAW N-W $25,00 \cdot 3,42 - [A 0201] = 43,60$

5 F 0202 FAW Süd $5,53 \cdot 3,42 = 18,91$

6 F 0203 FAW S-W $7,56 \cdot 3,42 - [T 0203] = 10,03$

7 F 0204 FAW Süd $3,36 \cdot 3,42 = 11,49$

8 F 0205 FAW S-O $8,83 \cdot 3,42 = 30,20$

9 F 0206 FAW N-O $1,31 \cdot 3,42 = 4,48$

10 F 0210 FAW S-O $4,17 \cdot 3,42 = 14,26$

Öffnungen / Fenster

11 A 0201 FF N-W $3,38 \cdot 2,5 \cdot 2 + 10 \cdot 2,5 = 41,90$

12 T 0203 FAW S-W , Tür $3,51 \cdot 4,51 = 15,83$

Grundflächen

13 F 0200 FG $263,80 = 263,80$

EGSanitär

Außenwände

14 F 0301 FAW N-O $3,51 \cdot 3,42 = 12,00$

15 F 0304 FAW S-W $1,40 \cdot 3,42 = 4,79$

16 F 0305 FAW S-O $3,50 \cdot 3,42 = 11,97$

Grundflächen

17 F 0300 FG $12,28 = 12,28$

EGLager

Außenwände

18 F 0404 FAW S-O $9,04 \cdot 3,42 = 30,92$

Grundflächen

19 F 0400 FG $28,58 = 28,58$

EG Nebenflächen

Außenwände

20 F 0501 FAW N-W $5,67 \cdot 3,42 = 19,39$

21 F 0503 FAW S-O $2,18 \cdot 3,42 - [A 0503] = 6,22$

22 F 0506 FAW N-O $10,15 \cdot 3,42 - [A 0506] - [T 0506] = 22,95$

Öffnungen / Fenster

23 A 0503 FF S-O $0,89 \cdot 1,39 = 1,24$

24 A 0506 FF N-O $1,51 \cdot 3,12 = 4,71$

25 T 0506 FAW N-O , Tür $2,26 \cdot 3,12 = 7,05$

Grundflächen

26 F 0500 FG $62,14 = 62,14$

OGNebenflächen

Deckflächen

27 F 0609 FD $52,13 = 52,13$

Außenwände

28 F 0601 FAW N-W $5,44 \cdot 4,20 = 22,85$

29 F 0608 FAW N-O $6,45 \cdot 4,20 - [A 0608] = 22,38$

Öffnungen / Fenster

30 A 0608 FF N-O $1,51 \cdot 3,12 = 4,71$

OGSanitär

Deckflächen

31 F 0705 FD	9,44 = 9,44
Außenwände	
32 F 0701 FAW N-W	2,93*4,20 - [A 0701] = 11,15
Öffnungen / Fenster	
33 A 0701 FF N-W	0,76*0,76*2 = 1,16
OGSanitär2	
Deckflächen	
34 F 0809 FD	43,07 = 43,07
Außenwände	
35 F 0805 FAW S-O	5,03*4,20 - [A 0805] = 17,65
36 F 0806 FAW S-W	1,37*4,20 = 5,75
37 F 0807 FAW S-O	3,35*4,20 = 14,07
38 F 0808 FAW N-O	6,86*4,20 - [A 0808] = 21,76
Öffnungen / Fenster	
39 A 0805 FF S-O	0,89*0,89 + 0,89*1,51*2 = 3,48
40 A 0808 FF N-O	2,26*3,12 = 7,05

OGSchulung	
Deckflächen	
41 F 0909 FD	257,18 = 257,18
Außenwände	
42 F 0901 FAW N-W	24,46*4,20 - [A 0901] = 60,78
43 F 0902 FAW Süd	5,35*4,20 = 22,47
44 F 0903 FAW S-W	7,30*4,20 = 30,66
45 F 0904 FAW Süd	3,39*4,20 = 14,24
46 F 0905 FAW S-O	8,91*4,20 = 37,42
47 F 0906 FAW N-O	1,36*4,20 = 5,71
48 F 0907 FAW S-O	9,69*4,20 - [A 0907] = 26,99
Öffnungen / Fenster	
49 A 0901 FF N-W	3,39*2,5*2+10*2,5 = 41,95
50 A 0907 FF S-O	2,38*2,38 + 3,38*2,38 = 13,71
Grundflächen	

[Grundflächen]	
[AGf 01] EGBüro <1>	[F 0100] = 13,18
[AGf 02] EGWerkstatt <4>	[F 0200] = 263,80
[AGf 03] EGSanitär <2>	[F 0300] = 12,28
[AGf 04] EGLager <3>	[F 0400] = 28,58
[AGf 05] EG Nebenflächen <3>	[F 0500] = 62,14

[Grundflächenumfang]	
[UGf 01] EGBüro <1>	3,05 = 3,05
[UGf 02] EGWerkstatt <4>	25,00+5,53+7,56+3,36+8,83+1,31+4,17 = 55,76
[UGf 03] EGSanitär <2>	3,51+1,40+3,50 = 8,41
[UGf 04] EGLager <3>	9,04 = 9,04
[UGf 05] EG Nebenflächen <3>	5,67+2,18+10,15 = 18,00

[Bodenplattenmaß nur Grundflächenprojektion]	
[Bodenplattenmaß A]	[AGf 01] + [AGf 02] + [AGf 03] + [AGf 04] + [AGf 05] = 379,98
[Bodenplattenmaß P]	[UGf 01] + [UGf 02] + [UGf 03] + [UGf 04] + [UGf 05] = 94,26
[Bodenplattenmaß B]	2 * [Bodenplattenmaß A] / [Bodenplattenmaß P] = 8,06

[Bruttogeschossflächen]	
[BGf 01] EGBüro <1>	13,18 = 13,18
[BGf 02] EGWerkstatt <4>	263,80 = 263,80
[BGf 03] EGSanitär <2>	12,28 = 12,28
[BGf 04] EGLager <3>	28,58 = 28,58
[BGf 05] EG Nebenflächen <3>	62,14 = 62,14
[BGf 06] OGNebenflächen <3>	52,13 = 52,13
[BGf 07] OGSanitär <2>	9,44 = 9,44
[BGf 08] OGSanitär2 <2>	43,07 = 43,07
[BGf 09] OGSchulung <4>	257,18 = 257,18

[Summe BGf] [BGf 01] + [BGf 02] + [BGf 03] + [BGf 04] + [BGf 05] + [BGf 06] + [BGf 07] +
[BGf 08] + [BGf 09] = 741,80

[Umbaute Räume]

[Vol 01] EGBüro <1> 3,42*[BGf 01] = 45,08
[Vol 02] EGWerkstatt <4> 3,42*[BGf 02] = 902,20
[Vol 03] EGSanitär <2> 3,42*[BGf 03] = 42,00
[Vol 04] EGLager <3> 3,42*[BGf 04] = 97,74
[Vol 05] EG Nebenflächen <3> 3,42*[BGf 05] = 212,52
[Vol 06] OGNebenflächen <3> 4,20*[BGf 06] = 218,95
[Vol 07] OGSanitär <2> 4,20*[BGf 07] = 39,65
[Vol 08] OGSanitär2 <2> 4,20*[BGf 08] = 180,89
[Vol 09] OGSchulung <4> 4,20*[BGf 09] = 1080,16
[Gebäudevolumen] Ve [Vol 01] + [Vol 02] + [Vol 03] + [Vol 04] + [Vol 05] + [Vol 06] + [Vol 07] + [Vol 08] + [Vol 09] = 2819,19
[0.32 * Ve] (= AN Wohngebäude) 0.32 * [Gebäudevolumen] = 902,14

.für Berechnungen nach DIN V 18599

[Nettogrundflächen]

[dW01] Bauteildicke "AUßENWAND" 0,49 = 0,49
[GfAbzug 01] EGBüro <1> [dW01]*3,05 = 1,49
[GfAbzug 02] EGWerkstatt <4>
[dW01]*25,00+[dW01]*5,53+[dW01]*7,56+[dW01]*3,36+[dW01]*8,83+[dW01]*1,31+[dW01]*4,17 = 27,32
[GfAbzug 03] EGSanitär <2> [dW01]*3,51+[dW01]*1,40+[dW01]*3,50 = 4,12
[GfAbzug 04] EGLager <3> [dW01]*9,04 = 4,43
[GfAbzug 05] EG Nebenflächen <3> [dW01]*5,67+[dW01]*2,18+[dW01]*10,15 = 8,82
[GfAbzug 06] OGNebenflächen <3> [dW01]*5,44+[dW01]*6,45 = 5,83
[GfAbzug 07] OGSanitär <2> [dW01]*2,93 = 1,44
[GfAbzug 08] OGSanitär2 <2> [dW01]*5,03+[dW01]*1,37+[dW01]*3,35+[dW01]*6,86 = 8,14
[GfAbzug 09] OGSchulung <4>
[dW01]*24,46+[dW01]*5,35+[dW01]*7,30+[dW01]*3,39+[dW01]*8,91+[dW01]*1,36+[dW01]*9,69 = 29,63
[NGf 01] EGBüro <1> [BGf 01] - [GfAbzug 01] = 11,69
[NGf 02] EGWerkstatt <4> [BGf 02] - [GfAbzug 02] = 236,48
[NGf 03] EGSanitär <2> [BGf 03] - [GfAbzug 03] = 8,16
[NGf 04] EGLager <3> [BGf 04] - [GfAbzug 04] = 24,15
[NGf 05] EG Nebenflächen <3> [BGf 05] - [GfAbzug 05] = 53,32
[NGf 06] OGNebenflächen <3> [BGf 06] - [GfAbzug 06] = 46,30
[NGf 07] OGSanitär <2> [BGf 07] - [GfAbzug 07] = 8,00
[NGf 08] OGSanitär2 <2> [BGf 08] - [GfAbzug 08] = 34,93
[NGf 09] OGSchulung <4> [BGf 09] - [GfAbzug 09] = 227,55
[NGf Summe] [NGf 01] + [NGf 02] + [NGf 03] + [NGf 04] + [NGf 05] + [NGf 06] + [NGf 07] +
[NGf 08] + [NGf 09] = 650,58

[Nettonutzflächen] ANGf nach Gebäudezonen

[ANGf 01] Zone <1> Einzelbüro + [NGf 01] = 11,69
[ANGf 02] Zone <2> Sanitär + [NGf 03] + [NGf 07] + [NGf 08] = 51,09
[ANGf 03] Zone <3> Nebenflächen, Lager, Technik, Flure + [NGf 04] + [NGf 05] + [NGf 06] =
123,77
[ANGf 04] Zone <4> Klassenzimmer/Werkstatt zu Schulungszwecken + [NGf 02] + [NGf 09] =
464,03

[Bruttoraumvolumen] Ve nach Gebäudezonen

[Ve 01] Einzelbüro + [Vol 01] = 45,08
[Ve 02] Sanitär + [Vol 03] + [Vol 07] + [Vol 08] = 262,54
[Ve 03] Nebenflächen, Lager, Technik, Flure + [Vol 04] + [Vol 05] + [Vol 06] = 529,21
[Ve 04] Klassenzimmer/Werkstatt zu Schulungszwecken + [Vol 02] + [Vol 09] = 1982,36
[Summe Ve] + [Ve 01] + [Ve 02] + [Ve 03] + [Ve 04] = 2819,19

[Nettoraumvolumen] Vi nach Gebäudezonen

[Vi 01] Zone <1> Einzelbüro + [NGf 01]*(3,42 - 0,24) = 37,17

[Vi 02] Zone <2> Sanitär + [NGf 03]*(3,42 - 0,24) + [NGf 07]*(4,20 - 0,24) + [NGf 08]*(4,20 - 0,24) = 195,95

[Vi 03] Zone <3> Nebenflächen, Lager, Technik, Flure + [NGf 04]*(3,42 - 0,24) + [NGf 05]*(3,42 - 0,24) + [NGf 06]*(4,20 - 0,24) = 429,70

[Vi 04] Zone <4> Klassenzimmer/Werkstatt zu Schulungszwecken + [NGf 02]*(3,42 - 0,24) + [NGf 09]*(4,20 - 0,24) = 1653,10

[Summe Vi] + [Vi 01] + [Vi 02] + [Vi 03] + [Vi 04] = 2315,92

.zur Kontrolle / alternativ: Vi = Ve * 0.8

.Vi <1> Einzelbüro [Ve 01] * 0.8 = 36,06

.Vi <2> Sanitär [Ve 02] * 0.8 = 210,03

.Vi <3> Nebenflächen, Lager, Technik, Flure [Ve 03] * 0.8 = 423,37

.Vi <4> Klassenzimmer/Werkstatt zu Schulungszwecken [Ve 04] * 0.8 = 1585,89

.zur Kontrolle / alternativ: Vi = Ve * 0.76 (WG bis 3 VG)

.Vi <1> Einzelbüro [Ve 01] * 0.76 = 34,26

.Vi <2> Sanitär [Ve 02] * 0.76 = 199,53

.Vi <3> Nebenflächen, Lager, Technik, Flure [Ve 03] * 0.76 = 402,20

.Vi <4> Klassenzimmer/Werkstatt zu Schulungszwecken [Ve 04] * 0.76 = 1506,59

7.3 Berechnung des Referenzgebäudes

Projekt: BBS Rostock Neubau Nr.2

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

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

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

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

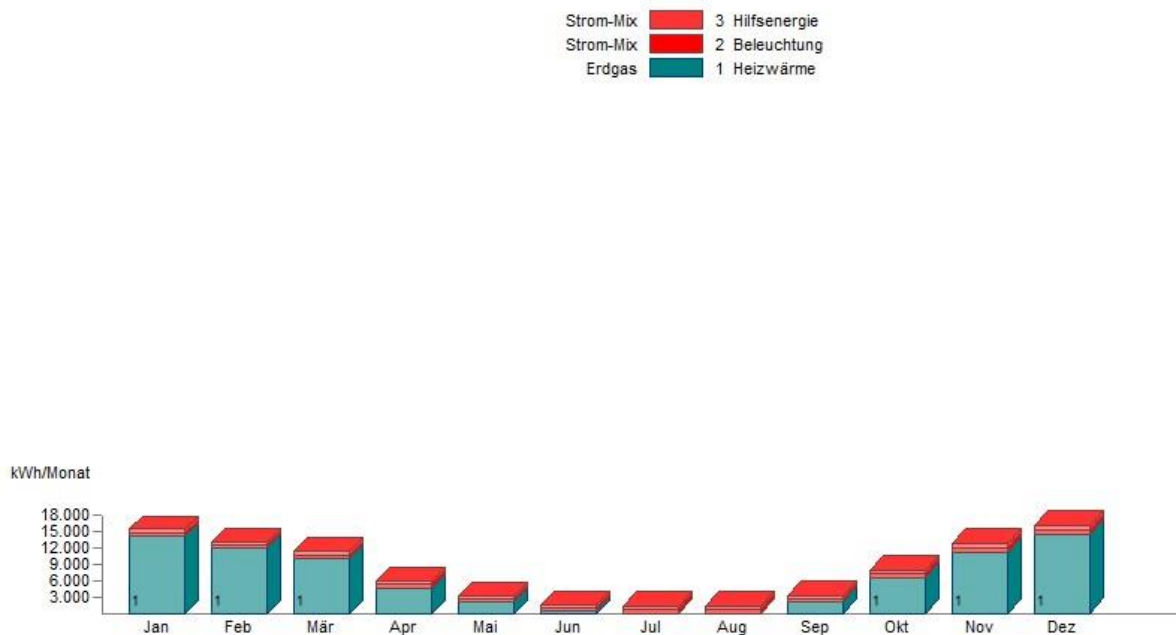
DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

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

Gebäudeberechnung "BBS Werkstattneubau-Referenz2020"

Primärenergiebedarf nach Energieträgern



Nachweisverfahren

Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach GEG 2020, §§ 18 und 19 und Anlage 2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

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

Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

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

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	A_{NGF} m ²	V_i m ³
<1> Einzelbüro	201 Einzelbüro	250	19,9	17,3	12	37
<2> Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,2	51	196
<3> Nebenflächen, Lager, Te	218 Nebenflächen	250	20,0	17,3	124	430
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	208 Klassenzimme	200	19,5	17,3	464	1653
					651	2.316

Gebäude, $A_{NGF} = 650,6 \text{ m}^2$

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 Nachtabsenkung

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

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
EGBüro						
1 F 0101 FAW N-W	1:0	8,3	0,280	1,00 FAW	51 02	2,3
2 A 0101 FF N-W	1:0	2,1	1,300	1,00 FF	51 02	2,7
3 F 0100 FG	1:0	13,2	0,350	0,55 Ffb	51 19 25 14	2,5
EGWerkstatt						
4 F 0201 FAW N-W	4:0	43,6	0,280	1,00 FAW	51 02	12,2
5 F 0202 FAW Süd	4:0	18,9	0,280	1,00 FAW	51 02	5,3
6 F 0203 FAW S-W	4:0	11,5	0,280	1,00 FAW	51 02	3,2
7 F 0204 FAW Süd	4:0	30,2	0,280	1,00 FAW	51 02	8,5
8 F 0205 FAW S-O	4:0	4,5	0,280	1,00 FAW	51 02	1,3
9 F 0206 FAW N-O	4:0	14,3	0,280	1,00 FAW	51 02	4,0
10 F 0210 FAW S-O	4:0	41,9	1,300	1,00 FF	51 02	54,5
12 T 0203 FAW S-W , Tür	4:0	31,7	1,800	1,00 FAW	51 02	57,0
13 F 0200 FG	4:0	263,8	0,350	0,55 Ffb	51 19 25 14	50,8
EGSanitär						
14 F 0301 FAW N-O	2:0	12,0	0,280	1,00 FAW	51 02	3,4
15 F 0304 FAW S-W	2:0	4,8	0,280	1,00 FAW	51 02	1,3
16 F 0305 FAW S-O	2:0	12,0	0,280	1,00 FAW	51 02	3,4
17 F 0300 FG	2:0	12,3	0,350	0,55 Ffb	51 19 25 14	2,4
EGLager						
18 F 0404 FAW S-O	3:0	30,9	0,280	1,00 FAW	51 02	8,7
19 F 0400 FG	3:0	28,6	0,350	0,55 Ffb	51 19 25 14	5,5
EG Nebenflächen						
20 F 0501 FAW N-W	3:0	19,4	0,280	1,00 FAW	51 02	5,4

21 F 0503 FAW S-O	3:0	6,2	0,280	1,00 FAW	51 02	1,7
22 F 0506 FAW N-O	3:0	22,9	0,280	1,00 FAW	51 02	6,4
23 A 0503 FF S-O	3:0	1,2	1,300	1,00 FF	51 02	1,6
24 A 0506 FF N-O	3:0	4,7	1,300	1,00 FF	51 02	6,1
25 T 0506 FAW N-O , Tür	3:0	7,0	1,800	1,00 FAW	51 02	12,7
26 F 0500 FG	3:0	62,1	0,350	0,55 Ffb	51 19 25 14	12,0
OGNebenflächen						
27 F 0609 FD	3:0	52,1	0,200	1,00 FD	51 02	10,4
28 F 0601 FAW N-W	3:0	22,9	0,280	1,00 FAW	51 02	6,4
29 F 0608 FAW N-O	3:0	22,4	0,280	1,00 FAW	51 02	6,3
30 A 0608 FF N-O	3:0	4,7	1,300	1,00 FF	51 02	6,1
OGSanitär						
31 F 0705 FD	2:0	9,4	0,200	1,00 FD	51 02	1,9
32 F 0701 FAW N-W	2:0	11,2	0,280	1,00 FAW	51 02	3,1
33 A 0701 FF N-W	2:0	1,2	1,300	1,00 FF	51 02	1,5
OGSanitär2						
34 F 0809 FD	2:0	43,1	0,200	1,00 FD	51 02	8,6
35 F 0805 FAW S-O	2:0	17,6	0,280	1,00 FAW	51 02	4,9
36 F 0806 FAW S-W	2:0	5,8	0,280	1,00 FAW	51 02	1,6
37 F 0807 FAW S-O	2:0	14,1	0,280	1,00 FAW	51 02	3,9
38 F 0808 FAW N-O	2:0	21,8	0,280	1,00 FAW	51 02	6,1
39 A 0805 FF S-O	2:0	3,5	1,300	1,00 FF	51 02	4,5
40 A 0808 FF N-O	2:0	7,0	1,300	1,00 FF	51 02	9,2
OGSchulung						
41 F 0909 FD	4:0	257,2	0,200	1,00 FD	51 02	51,4
42 F 0901 FAW N-W	4:0	60,8	0,280	1,00 FAW	51 02	17,0
43 F 0902 FAW Süd	4:0	22,5	0,280	1,00 FAW	51 02	6,3
44 F 0903 FAW S-W	4:0	30,7	0,280	1,00 FAW	51 02	8,6
45 F 0904 FAW Süd	4:0	14,2	0,280	1,00 FAW	51 02	4,0
46 F 0905 FAW S-O	4:0	37,4	0,280	1,00 FAW	51 02	10,5
47 F 0906 FAW N-O	4:0	5,7	0,280	1,00 FAW	51 02	1,6
48 F 0907 FAW S-O	4:0	27,0	0,280	1,00 FAW	51 02	7,6
49 A 0901 FF N-W	4:0	42,0	1,300	1,00 FF	51 02	54,5
50 A 0907 FF S-O	4:0	13,7	1,300	1,00 FF	51 02	17,8

$$\Sigma A [m^2] = 1.455,9 \quad \Sigma H_T [W/K] = 528,8$$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 379,98 / 47,13 = 8,06 \text{ m}$
 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).
- 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.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,05 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.

Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
 Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 72,8 \text{ W/K}$ (13,8 %, 0,050 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

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> Einzelbüro	6	3	0	9	0	0
<2> Sanitär	62	2	0	65	0	0
<3> Nebenflächen, Lager,	86	17	0	104	0	0
<4> Klassenzimmer/Werksta	374	51	0	425	0	0
	528	73		602		

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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 601,5 / 1.455,9 = 0,41 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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 $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,27	1,30		

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

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,27 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)} -2,7\%$

Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

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

Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 2 \cdot 1456 / 2316 = 1,26 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

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

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (Anlagenautomation mit Präsenzmeldern) für die Zonen <4> Klassenzimmer/Werkstatt zu Schulungszwecken

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50} h^{-1}	V_A/V_{dc} $\text{m}^3 / (\text{m}^2\text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{m,ZUL}$ h^{-1}	$t_{v,m}$ h/d
<1> Einzelbüro	-	1,27	4,00	1,26	0,09	0,10	1,26	13
<2> Sanitär	-	1,79	15,00	3,91	0,13	0,10	3,91	13
<3> Nebenflächen,	-	1,99	0,15	0,04	0,14	0,10	-	-
<4> Klassenzimmer/	-	1,18	9,25	2,60	0,08	0,74	0,79	9

⇒ WE-Betrieb ...

<1> Einzelbüro	0,00	0,00	0,09	0,10
<2> Sanitär	0,00	0,00	0,13	0,10
<3> Nebenflächen, Lager, Tech	0,00	0,00	0,14	0,10
<4> Klassenzimmer/Werkstatt z	0,00	0,00	0,08	0,10

Zone <1> RLT-Anlage (228) mit VSUP/ETA = 47 / 47 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <2> RLT-Anlage (228) mit VSUP/ETA = 766 / 766 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <4> RLT-Anlage (228) mit VSUP/ETA = 1300 / 1300 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

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

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

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

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

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

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

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

Hinweis: n_{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 m³	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	θ _{V,Jan} °C
<1> Einzelbüro	37	0	1	1	2	9	15,2
<2> Sanitär	196	0	8	7	15	141	15,2
<3> Nebenflächen, La	430	0	20	15	35	0	
<4> Klassenzimmer/We	1.653	0	46	417	463	166	15,2
		0	76	439	515	315	

⇒ WE-Betrieb ...

<1> Einzelbüro	0	1	1	2
<2> Sanitär	0	8	7	15
<3> Nebenflächen, Lager, Te	0	20	15	35
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	0	46	56	102

0 76 79 155

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

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

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

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

θ_V = Zulufttemperatur der RLT-Anlage für Januar, sh. "RLT-Systeme"

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

Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

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 m²	I _{S, Jan/Jul} W/m²	g _{eff, Jan/Jul} %	Q _{S, Jan/Jul} kWh/d
2 A 0101 FF N-W	1	1,48	11/ 95	44/ 44	7100
11 A 0201 FF N-W	4	29,33	11/ 95	44/ 44	"
23 A 0503 FF S-O	3	0,87	50/ 132	44/ 44	"
24 A 0506 FF N-O	3	3,30	11/ 112	44/ 44	"
30 A 0608 FF N-O	3	3,30	11/ 112	44/ 44	"

33	A	0701	FF	N-W	2	0,81	11/	95	44/	44	"	0,1/	0,8
39	A	0805	FF	S-O	2	2,44	50/	132	44/	44	"	1,3/	3,4
40	A	0808	FF	N-O	2	4,93	11/	112	44/	44	"	0,6/	5,8
49	A	0901	FF	N-W	4	29,36	11/	95	44/	44	"	3,4/	29,3
50	A	0907	FF	S-O	4	9,60	50/	132	44/	44	"	5,0/	13,3

85,40

15/ 92

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

Berechnung von $g_{tot,13363}$ -Werten nach EN 13363-1 mit $\tau_{e,B}$ und $\rho_{e,B}$ nach DIN V 18599-2, Tab.8 sowie den Parametern G_1

=
5, $G_2 = 10$ und $G_3 = 30$

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

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnozonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

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

Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

Hüllfläche						Zone	A	U	α	h_r	$I_{S, Jul}$	$Q_{S, Jul}$
							m ²	W/ (m ² K)		W/ (m ² K)	W/m ²	kWh/d
1	F	0101	FAW	N-W	NW	1	8,3	0,28	0,50	4,50	95	0,1
4	F	0201	FAW	N-W	NW	4	43,6	0,28	0,50	4,50	95	0,3
5	F	0202	FAW	Süd	S	4	18,9	0,28	0,50	4,50	113	0,2
7	F	0204	FAW	Süd	S	4	11,5	0,28	0,50	4,50	113	0,1
8	F	0205	FAW	S-O	SO	4	30,2	0,28	0,50	4,50	132	0,4
9	F	0206	FAW	N-O	NO	4	4,5	0,28	0,50	4,50	112	0,0
10	F	0210	FAW	S-O	SO	4	14,3	0,28	0,50	4,50	132	0,2
12	T	0203	FAW	S-W	SW	4	31,7	1,80	0,50	4,50	120	2,1
14	F	0301	FAW	N-O	NO	2	12,0	0,28	0,50	4,50	112	0,1
15	F	0304	FAW	S-W	SW	2	4,8	0,28	0,50	4,50	120	0,0
16	F	0305	FAW	S-O	SO	2	12,0	0,28	0,50	4,50	132	0,1
18	F	0404	FAW	S-O	SO	3	30,9	0,28	0,50	4,50	132	0,4
20	F	0501	FAW	N-W	NW	3	19,4	0,28	0,50	4,50	95	0,1
21	F	0503	FAW	S-O	SO	3	6,2	0,28	0,50	4,50	132	0,1
22	F	0506	FAW	N-O	NO	3	22,9	0,28	0,50	4,50	112	0,2
25	T	0506	FAW	N-O	NO	3	7,0	1,80	0,50	4,50	112	0,4
27	F	0609	FD		-	3	52,1	0,20	0,50	4,50	210	0,6
28	F	0601	FAW	N-W	NW	3	22,9	0,28	0,50	4,50	95	0,2
29	F	0608	FAW	N-O	NO	3	22,4	0,28	0,50	4,50	112	0,2
31	F	0705	FD		-	2	9,4	0,20	0,50	4,50	210	0,1
32	F	0701	FAW	N-W	NW	2	11,2	0,28	0,50	4,50	95	0,1
34	F	0809	FD		-	2	43,1	0,20	0,50	4,50	210	0,5
35	F	0805	FAW	S-O	SO	2	17,6	0,28	0,50	4,50	132	0,2
36	F	0806	FAW	S-W	SW	2	5,8	0,28	0,50	4,50	120	0,1
37	F	0807	FAW	S-O	SO	2	14,1	0,28	0,50	4,50	132	0,2
38	F	0808	FAW	N-O	NO	2	21,8	0,28	0,50	4,50	112	0,2
41	F	0909	FD		-	4	257,2	0,20	0,50	4,50	210	3,0
42	F	0901	FAW	N-W	NW	4	60,8	0,28	0,50	4,50	95	0,4
43	F	0902	FAW	Süd	S	4	22,5	0,28	0,50	4,50	113	0,2
44	F	0903	FAW	S-W	SW	4	30,7	0,28	0,50	4,50	120	0,3
45	F	0904	FAW	Süd	S	4	14,2	0,28	0,50	4,50	113	0,1
46	F	0905	FAW	S-O	SO	4	37,4	0,28	0,50	4,50	132	0,4
47	F	0906	FAW	N-O	NO	4	5,7	0,28	0,50	4,50	112	0,1
48	F	0907	FAW	S-O	SO	4	27,0	0,28	0,50	4,50	132	0,3

954,1

11,8

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

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 * 0.8 = 4 W/(m²K)
 $\Delta\theta_{er}$ = scheinbare, mittlere Temperaturdifferenz zwischen Bauteil und Himmel (10 °K)

solare Warmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
<1> Einzelbüro	24	13	6	3	5	8	18	292
<2> Sanitär	179	126	48	31	60	62	147	2.117
<3> Nebenfläch	138	88	36	22	38	48	113	1.738
<4> Klassenzim	1.278	819	337	206	366	429	1.007	15.119
über opake ...								
<1> Einzelbüro	0	-	-	-	-	-	-	8
<2> Sanitär	21	10	-	-	1	-	11	287
<3> Nebenfläch	19	7	-	-	1	-	8	341
<4> Klassenzim	140	72	-	-	6	1	78	1.592
	1.799	1.136	427	262	477	547	1.382	21.494

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

Zone	A _B m²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
<1> Einzelbüro	12	0,4	0,5	0,0	0,9
<2> Sanitär	51	-	-	0,0	0,0
<3> Nebenflächen, Lager, Tec	124	-	-	0,0	0,0
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	464	46,4	9,3	0,0	55,7
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> Einzelbüro		-	-	0,0	0,0
<2> Sanitär		-	-	0,0	0,0
<3> Nebenflächen, Lager, Tec		-	-	0,0	0,0
<4> Klassenzimmer/Werkstatt		-	-	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> Einzelbüro	0,0	0,9	0,1	0,0	0,0
<2> Sanitär	0,0	4,6	0,6	0,0	0,0
<3> Nebenflächen, Lager, Tech	0,0	0,4	1,5	0,0	0,0
<4> Klassenzimmer/Werkstatt z	0,0	16,1	3,8	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

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> Einzelbüro	9	2	9	7	2	0,317
<2> Sanitär	65	15	141	54	7	0,136
<3> Nebenflächen, Lager, Tec	104	35	0	68	3	0,049
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	425	463	166	436	89	0,204

Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a	η	η_{WE}
<1> Einzelbüro	50	20	29,49	2,84	0,974	1,000
<2> Sanitär	50	221	11,57	1,72	0,972	1,000
<3> Nebenflächen, Lager, Tec	50	139	44,66	3,79	1,000	1,000
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	50	1053	22,03	2,38	0,982	1,000

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$ = 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

Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

Temperaturrandbedingungen

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

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

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

Zone <1> Einzelbüro

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 (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,8 \text{ kWh/d}$
 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}		0,662	0,893	0,960	0,974	0,974	0,969	0,941	0,735
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,965	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,833
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	6	10	10	10	10	9	10	103
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.463
$Q_{h,b,RE}$	kWh	5	37	73	98	97	81	65	487
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	10	23	31	30	24	18	139
Q_T	kWh	38	68	97	119	119	102	97	799
Q_V	kWh	9	25	42	54	53	45	40	283
Q_S^*	kWh	18	12	6	3	5	8	18	185
Q_I^*	kWh	23	34	38	42	41	35	36	337

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

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

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

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

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

Zone <2> Sanitär

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,2 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,728	0,896	0,966	0,977	0,972	0,970	0,935	0,817
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,884	0,988	1,000	1,000	1,000	0,999	0,993	0,801
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	28	45	44	45	45	41	45	550
t_h	h	511	744	720	744	744	672	744	5.852
$Q_{h,b,RE}$	kWh	80	421	793	1.042	1.006	854	696	5.278
$Q_{h,b,WE}$	kWh	14	87	191	252	239	201	150	1.171
Q_T	kWh	281	498	709	871	866	747	706	5.843
Q_V	kWh	37	223	412	552	538	455	388	2.399
Q_S^*	kWh	156	126	47	31	60	61	151	1.705
Q_I^*	kWh	68	93	107	121	115	99	98	1.003

Zone <3> Nebenflächen, Lager, Technik, Flure

Regelbetrieb (68,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (31,5%) mit $\vartheta_{h,Jan} = 17,3 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,950

$\eta_{\text{source, WE}}$		0,993	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,905
$\Delta Q_{C, b, WE}$	kWh	66	110	106	110	110	99	110	1.092
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.463
$Q_{h, b, RE}$	kWh	378	800	1.162	1.422	1.400	1.200	1.089	8.641
$Q_{h, b, WE}$	kWh	55	165	317	416	406	340	278	2.096
Q_T	kWh	454	804	1.144	1.406	1.399	1.207	1.140	9.435
Q_V	kWh	153	272	386	475	472	407	385	3.185
Q_S^*	kWh	157	95	36	22	39	48	121	1.832
Q_I^*	kWh	17	28	44	57	56	47	40	349

Zone <4> Klassenzimmer/Werkstatt zu Schulungszwecken

Regelbetrieb (54,8%) mit $\vartheta_{h, Jan} = 19,5 \text{ °C}$ und $Q_I = 55,7 \text{ kWh/d}$
 Wochenendbetrieb (45,2%) mit $\vartheta_{h, Jan} = 17,3 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,781	0,930	0,975	0,984	0,982	0,979	0,958	0,799
$\eta_{\text{source, WE}}$		0,908	0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,807
$\Delta Q_{C, b, WE}$	kWh	249	411	398	411	411	371	411	4.875
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.361
$Q_{h, b, RE}$	kWh	855	2.751	4.738	6.094	5.956	5.053	4.290	33.285
$Q_{h, b, WE}$	kWh	103	847	1.823	2.412	2.304	1.921	1.436	11.176
Q_T	kWh	1.792	3.179	4.521	5.557	5.529	4.769	4.506	37.284
Q_V	kWh	1.275	2.415	3.527	4.379	4.346	3.740	3.492	28.117
Q_S^*	kWh	1.189	855	332	204	369	425	1.058	11.342
Q_I^*	kWh	920	1.159	1.235	1.336	1.313	1.163	1.218	11.912

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> Einzelbüro	799	283	185	337	626	53,5
<2> Sanitär	5.843	2.400	1.705	1.003	6.449	126,2
<3> Nebenflächen, L	9.435	3.185	1.832	349	10.738	86,8
<4> Klassenzimmer/W	37.284	28.117	11.342	11.912	44.460	95,8
	53.360	33.984	15.064	13.601	62.273	95,7

RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

Gewählte RLT-Anlagen

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP, Jan}$ °C
<1> Einzelbüro	oT	228 RLT-Anlage	VE LBv rec60	15,2
<2> Sanitär	oT	228 RLT-Anlage	VE LBv rec60	15,2
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	oT	228 RLT-Anlage	VE LBv rec60	15,2

Zone <1> RLT-Anlage (228) mit $V_{SUP/ETA} = 47 / 47 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <2> RLT-Anlage (228) mit $V_{SUP}/ETA = 766 / 766 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60
 Zone <4> RLT-Anlage (228) mit $V_{SUP}/ETA = 1300 / 1300 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Feuchteanforderung mT / oT = 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

Strombedarf der Ventilatoren

	$V_{mech,m}$ m^3/h	$ty \cdot dy$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_V, Jan kWh
<1> Einzelbüro	47	276	0,02	0,01	9
<2> Sanitär	766	276	0,32	0,21	147
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	1300	153	0,54	0,36	138

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<1> Einzelbüro	9	9	9	9	9	8	9	104
<2> Sanitär	142	147	142	147	147	133	147	1.729
<4> Klassenzimm	134	138	134	138	138	125	138	1.625
	284	294	284	294	294	265	294	3.458

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

Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Zuluftkühlung

nicht vorgesehen

Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (11), 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 0103 FAW Nord	Nord 1	500	2,8	1,1	gut	77
2 A 0104 FAW N-W	N-W 1	500	2,9	1,1	gut	80
3 A 0203 FAW Nord + A 030	Nord 2	200	24,5	5,9	mittel	79

4	A	0304	FAW S-O	S-O	2	200	18,6	4,3	mittel	83
5	A	0401	FAW S-W + W 0401	S-W	4	300	49,6	43,4	gut	93
6	A	0410	FAW N-W	N-W	4	300	71,3	26,1	gut	95
7	A	0606	FAW S-O	S-O	3	100	18,6	4,3	mittel	83
8	A	0607	FAW Nord	Nord	3	100	44,9	11,2	mittel	80
9	A	0608	FAW N-W	N-W	3	100	2,9	1,1	gut	92
10	A	0706	FAW N-W	N-W	2	200	17,9	2,1	gering	61
11	A	0804	FAW S-O	S-O	4	300	35,0	12,6	gut	89

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m²]	ATL [m²]	AKTL [m²]
<1> Einzelbüro	12	6	6
<2> Sanitär	51	61	-10
<3> Nebenflächen, Lager,	124	66	57
<4> Klassenzimmer/Werkst	464	156	308

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

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

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

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

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

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

Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich					CTL	CTL, kon	FTL					
							Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1	A	0103	FAW Nord	1	77	75	51	44	38	35	33	32
2	A	0104	FAW N-W	1	80	75	49	42	37	33	31	30
3	A	0203	FAW Nord +	2	79	55	63	58	54	51	49	49
4	A	0304	FAW S-O	2	83	55	61	56	51	49	47	46
5	A	0401	FAW S-W + W	4	93	73	42	34	28	24	22	21
6	A	0410	FAW N-W	4	95	73	41	33	26	22	19	19
7	A	0606	FAW S-O	3	83	55	61	56	51	49	47	46
8	A	0607	FAW Nord	3	80	55	63	57	53	51	49	48
9	A	0608	FAW N-W	3	92	60	53	46	41	38	36	35
10	A	0706	FAW N-W	2	61	50	74	71	68	66	65	64
11	A	0804	FAW S-O	4	89	70	47	40	34	31	28	27

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

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

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

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

Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (4)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E_m lx	Lampen lx	p_j W/m²	$f_{Prä}$ m²	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{l,b}$ kWh/m
1 <1> Einzelbüro	1	500	1-1-2	20,6	0,85	84	2162	176	28
2 <2> Sanitär	2	200	1-1-2	10,6	0,55	78	1399	114	98
3 <3> Nebenflächen,	3	100	1-1-2	3,6	0,14	19	369	30	9
4 <4> Klassenzimmer	4	300	1-1-2	9,3	0,88	45	1225	0	305

440

1-1-2 (1): stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt / indirekt, $A_{KL} = 598 \text{ m}^2$
Präsenzmelder: Zonen 2/3/, Konstantlichtregelung: Zonen 1/

Endenergiebedarf für Beleuchtung $Q_{l,f}$

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> Einzelbüro	17	18	19	21	19	16	18	212
<2> Sanitär	89	95	96	104	98	85	92	1.099
<3> Nebenfläch	8	8	8	9	9	7	8	94
<4> Klassenzim	248	266	269	292	274	238	255	3.062
	362	388	392	425	400	347	372	4.467

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB} \text{ W/m}^2$ (Gl.11)

mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen

$t_{T,TL} / t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit

t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10

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

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

Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
Betrachtungsmontat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
<1> Einzelbüro	1	3	3,975	50,000	29,49	0,249
<2> Sanitär	6	16	2,750	50,000	11,57	0,320
<3> Nebenflächen, Lager, Tec	10	11	1,146	50,000	44,66	0,734
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	64	150	2,349	50,000	22,03	0,392

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
$\Rightarrow Q_{C,b}$ (Raumklima)								
<1> Einzelbüro	1	1	1	3	10	30	47	226
<2> Sanitär	2	3	3	11	56	147	260	1.240
<3> Nebenfläch	-	-	-	-	1	5	23	115
<4> Klassenzim	16	20	21	61	260	697	1.195	5.781

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

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> Einzelbüro	13	0,4	0,2	nein
<2> Sanitär	13	3,0	1,6	nein
<3> Nebenflächen, Lager, Te	13	2,4	1,0	nein
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	9	28,5	18,4	nein
		34,3	21,2	

$Q_{c,max} = 0.8 * (Q_{source} - Q_{sink}) * (1 + 0.3 * EXP(-\tau/120)) - c_{wirk}/60 * (\Delta\theta - 2) + c_{wirk}/40 * (12 / t_{c-1}) (T_2, C.1)$
 mit $t_{c,op,d}$ = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und $\Delta\theta$ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K
 Für die Referenzberechnung werden in den Zonen nur 50% des Nutzenergiebedarfs angerechnet (GEG A2)

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

Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b, Jan}$ kWh/M
<1> Einzelbüro	nicht relevant			-
<2> Sanitär	nicht relevant			-
<3> Nebenflächen, La	nicht relevant			-
<4> Klassenzimmer/We	nicht relevant			-

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

Heizsysteme (DIN V 18599-5)

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> Einzelbüro	0,3	0,0	47	0,2	0,5
<2> Sanitär	2,1	0,2	766	3,3	5,6
<3> Nebenflächen, Lager, Te	3,3	0,6	0	0,0	3,9
<4> Klassenzimmer/Werkstatt	13,6	7,4	1306	5,7	26,7

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

Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 statische Zentralheizung (REF	100%	1/2/3/	17.812	10,0	11,0
2 statische Zentralheizung (REF	100%	4/	44.460	26,7	29,3
3					

<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

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

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b}, <1>$	kWh	532	1.519	2.559	3.260	3.178	2.701	2.296	17.812
$Q_{h,b}, <2>$	kWh	959	3.598	6.560	8.506	8.260	6.974	5.725	44.460

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

Heizzeiten

(1) Bereich "statische Zentralheizung (REF '20)", Leitzone <1> Einzelbüro

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <1>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.463
$t_{h,rL,d} <1>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <1>$	d/m	21	23	24	26	26	23	25	240
$t_{h,rL} <1>$	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.600

(2) Bereich "statische Zentralheizung (REF '20)", Leitzone <4> Klassenzimmer/Werkstatt zu Schulungszwecken

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <4>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	6.361
$t_{h,rL,d} <4>$	h/d	9	9	13	15	15	15	13	
$d_{h,rB} <4>$	d/m	17	20	22	24	24	21	22	183
$t_{h,rL} <4>$	h/m	151	186	285	370	367	312	282	2.253

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

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

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)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta \vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (12,7%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse:

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

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

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse:

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) statische Zentralheizung (REF '20)									
$Q_{h,b}$	kWh	532	1.519	2.559	3.260	3.178	2.701	2.296	17.812
$Q_{h,ce}$	kWh	151	251	288	308	302	269	268	2.261
(2) statische Zentralheizung (REF '20)									
$Q_{h,b}$	kWh	959	3.598	6.560	8.506	8.260	6.974	5.725	44.460
$Q_{h,ce}$	kWh	278	608	755	823	803	710	683	5.489
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	1.920	5.976	10.162	12.898	12.544	10.653	8.972	70.022

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

Verluste der Wärmeübergabe $Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\theta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (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

Heizwärmeverteilung

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

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 2
Etagenverteiltertyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 194,3 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 2 Geschosse. manuell
Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 55^\circ\text{C} / \theta_{RA} = 45^\circ\text{C}$, $T_{i,Soll,<1>} = 21,0^\circ\text{C}$
Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 13 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

(2) statische Zentralheizung (REF '20)

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 2
Etagenverteiltertyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 403,2 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 2 Geschosse. manuell
Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 55^\circ\text{C} / \theta_{RA} = 45^\circ\text{C}$, $T_{i,Soll,<4>} = 21,0^\circ\text{C}$
Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 15 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	51,0 m	2,3 m	33,0 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) statische Zentralheizung (REF '20)			
Leitungslängen l_i	68,8 m	5,6 m	68,5 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) statische Zentralheizung (REF '20)								
$\beta_{h,d}$	0,09	0,24	0,39	0,48	0,47	0,44	0,34	
$\theta_{VL,av}$ °C	26,5	32,2	37,6	40,2	39,9	39,1	35,9	
$\theta_{RL,av}$ °C	24,9	28,9	32,7	34,6	34,3	33,8	31,5	
$Q_{h,d}$ kWh	49	84	141	188	184	155	131	1.040
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$ kWh	14	29	53	72	71	59	48	393

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 1,5 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,6 \%$
 Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

(2) statische Zentralheizung (REF '20)								
$\beta_{h,d}$	0,06	0,21	0,38	0,47	0,46	0,43	0,32	
$\theta_{VL,av}$ °C	25,1	31,3	37,2	40,0	39,6	38,7	35,2	
$\theta_{RL,av}$ °C	23,9	28,3	32,4	34,4	34,1	33,5	31,1	
$Q_{h,d}$ kWh	37	77	165	244	237	194	148	1.190
$W_{h,d}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$ kWh	13	34	80	120	117	95	70	572

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 1,7 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,8 \%$
 Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

Mittlere Vorlauf-, Rücklauf- und Heizkreistemperaturen ($\theta_{VL,av}$, $\theta_{RL,av}$, $\theta_{HK,av}$) nach T5 Abs. 5.3
 Belastungsgrad der Wärmeverteilung $\beta_{h,d}$ nach Gl.9
 $Q_{h,d}$ = Wärmeverluste des Rohrnetzes = $\sum l_i \cdot U_i (\theta_{HK,m} - \theta_{I,i}) \cdot t_{h,RL,i}/1000$ [kWh] (Gl.52)
 $Q_{l,h,d} = Q_{h,d}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge in Zonen mit innen liegenden Leitungen
 $W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizungspumpe (Gl.55)
 mit $W_{h,d,hydr}$ = hydraulischer Energiebedarf (Gl.56) und $e_{h,d,aux}$ = Pumpen-Aufwandszahl (Gl.61)

Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) statische Zentralheizung (REF '20)								
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$ kWh	732	1.854	2.988	3.756	3.664	3.124	2.694	21.113
(2) statische Zentralheizung (REF '20)								
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

$Q_{h,out}$ kWh 1.274 4.283 7.481 9.573 9.301 7.878 6.556 51.139

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

Heizwärmepufferspeicher

nicht vorgesehen

solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

Heizungswärmepumpen

nicht vorgesehen

Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1) (2)

(1) "statische Zentralheizung (REF '20)", Zonen 1/2/3 ($A_{NGF} = 187 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwärtekessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 11,0 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 13 \text{ °C}$, außerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,950$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,040$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0153 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 1,04 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 0,26 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,10 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,143 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,048 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

(2) "statische Zentralheizung (REF '20)", Zonen 4 ($A_{NGF} = 464 \text{ m}^2$)
Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwärtekessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 29,3 \text{ kW}$ (Erdgas)
Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 13 \text{ °C}$, außerhalb der thermischen Hülle
Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00 \text{ h/d}$
Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,955$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,045$ (Teillast)
Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0104 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 2,57 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 0,63 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,17 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,228 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,076 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

$P_{d,in} = Q_{h,outg} / \text{Betriebszeit} = \text{durchschnittliche Wärmeabgabeleistung [kW], Gl.181 } (d_{h,rB} > 1)$
 $\beta_h = P_{d,in} / P_n = \text{Belastungsgrade der Heizkessel, monatlich, Gl.154}$
 $Q_{h,gen} = \Sigma Q_{h,gen,ls,day,i} * d_{h,rB} = \text{Gesamtverlust der Heizwärmeerzeugung [kWh/m], Gl.178}$
 $Q_{h,f} = Q_{h,outg} + Q_{h,gen} = \text{Endenergiebedarf der Wärmeerzeugung}$
 $W_{h,gen} = \text{Hilfsenergiebedarf nach Gl.192}$
 $Q_{l,h,gen} = \text{ungeregelte Wärmeeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191}$

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	732	1.854	2.988	3.756	3.664	3.124	2.694	21.113
$\beta_{h,1}$		0,25	0,55	0,70	0,74	0,72	0,71	0,62	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	40	178	307	391	377	319	260	2.046
$Q_{h,f}$	kWh	777	1.993	3.247	4.103	3.999	3.405	2.917	22.889
$W_{h,gen}$	kWh	18	31	44	54	52	45	41	365

(2) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	1.274	4.283	7.481	9.573	9.301	7.878	6.556	51.139
$\beta_{h,1}$		0,29	0,79	0,89	0,88	0,86	0,86	0,79	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	64	303	614	836	804	668	511	4.103
$Q_{h,f}$	kWh	1.338	4.586	8.095	10.409	10.106	8.546	7.067	55.242
$W_{h,gen}$	kWh	20	42	65	80	78	67	58	500

Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	2.115	6.579	11.342	14.512	14.105	11.951	9.985	78.131
W_h	kWh	38	74	109	134	131	112	100	865
Erdgas	kWh	2.115	6.572	11.329	14.501	14.131	11.949	9.987	78.138
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,1	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,3	0,6	1,2	1,6	1,5	1,4	1,0	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,4	1,1	2,7	3,9	3,8	3,4	2,3	

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

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

$Q_{I,h}$ = ungeregelte 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

Ungeregelte Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

Energiebedarf (DIN V 18599-1)

Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
Erdgas	Heizwärme	1/2/3/4/	78.138	1,10	1,11	77.434
Strom-Mix	Beleuchtung	1/2/3/4/	4.467	1,80	1,00	8.040
Strom-Mix	Hilfsenergie		4.323	1,80	1,00	7.782
Σ [kWh/Jahr]			86.928			93.256

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 93.256 / 651 = 143,3$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 651$ m²)

Endenergie (brennwertbezogen) = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 6,6 kWh/(m²a), Erdgas 120,1 kWh/(m²a), Strom-Mix 6,9 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO₂)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO ₂ /kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m ² a)
Erdgas	70.394	240	16.895	
Strom-Mix	4.467	560	2.501	
Strom-Mix	4.323	560	2.421	
	79.184		21.817	33,5

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

Endenergiebedarf nach Zonen

Zone	m ²	RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
<1> Einzelbüro	12	-	212	-	-	803	1.014
<2> Sanitär	51	-	1.098	-	-	8.284	9.383
<3> Nebenflächen,	124	-	94	-	-	13.794	13.889
<4> Klassenzimmer	464	-	3.062	-	-	55.245	58.308
Gebäude	651	-	4.467	-	-	78.126	82.593

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie
 Die Aufteilung der Endenergieanteile aus Prozessbereichen mit mehreren Zonen erfolgt lastabhängig.

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	5,3	6,9	0,0	0,0	95,7	107,9
Endenergiebedarf	5,3	6,9	0,0	0,0	121,4	133,6
Primärenergiebedarf	9,6	12,4	0,0	0,0	121,4	143,3

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

Primärenergie-Referenzwert

vorh q_p = 143,3 kWh/(m²a)

8 Anlagen

Anlage 1 Übersichtsplan EG und OG: Zonierung & Bauteilzuordnung

A circle with a shaded sector representing $\frac{1}{6}$ of the circle.



SW



Auswertung zum sommerlichen Wärmeschutznachweis:

g = XX % -> Energiedurchlass der Verglasung
-> Sonnenschutzverglasung g <= 40 %
-> Wärmeschutzverglasung g > 40 %
F_c = X,XX -> Abminderungsfaktor für die Sonnensc
k.A.: keine Anforderungen



Haus 1000 - Bestand

222/017
Datum: 19.01.2023
KSK Ingenieure GmbH & Co KG
F. Zimmer, M.Eng.

VORABZUG

22004 Umstrukturierung
Bauherr: Hanse

Erweiterungsneubau KfZ- und Karosseriebauwerkstatt
Übersichtsplanplan + Grundrisse + Schnitt A-A | Stand: 17.11.2022

22004 Umstrukturierung, Modernisierung im Bestand und Teilneubau des Bildungszentrums in Rostock
Bauherr: Handwerkskammer Ostmecklenburg-Vorpommern, Schwaaner Landstraße 8, 18055 Rostock

 Handwerkskammer
Ostmecklenburg-Vorpommern