



Vor- und Nachname **Alexander Freckmann**
der/des saSV
Bürobezeichnung **Kossin+Vismann Beratrende Ingenieur Part mbB**
Anschrift **Alte Münsterstraße 1, 48653 Coesfeld**
Prüf-Nr.: / Az: **66.2653**

Bescheinigung nach § 23 Absatz 1 SV-VO über die energetischen Nachweise nach § 2 Absatz 2 Nummer 1. und 2. GEG-UVO

- **Vorhaben nach §§ 64 bis 66 i.V.m. § 68 Absatz 2 BauO NRW 2018:** Bauherrschaft reicht Bescheinigung mit **Anzeige des Baubeginns** bei der Bauaufsichtsbehörde ein.
- **Vorhaben nach § 63 BauO NRW 2018:** Bescheinigung muss spätestens bei Baubeginn der Bauherrschaft vorliegen (Absatz 8).

I. Angaben zum Bauvorhaben 1. Genaue Bezeichnung: Erweiterung und Umbau der Maria-Frieden Grundschule (hier Erweiterung)	
2. Bauort: Kleine Heide 38, 48653 Coesfeld (Anschrift)	
3. Bauherrschaft (§ 53 BauO NRW 2018): Stadt Coesfeld (Name, Vorname) Markt 8, 48653 Coesfeld (Anschrift)	
4. Entwurfsverfassende (§ 54 Absatz 1 BauO NRW 2018): Lindner Lohse Architekten BDA (Name, Vorname) Westfalendamm 59, 44141 Dortmund (Anschrift)	5. Fachplanerin/Fachplaner ⁽¹⁾ (§ 54 Absatz 2 BauO NRW 2018): Freckmann, Alexander (Name, Vorname) Alte Münsterstraße 1, 48653 Coesfeld (Anschrift)
II. Ergebnis der Prüfung ☒ Die von mir aufgestellten energetischen Nachweise entsprechen den geltenden Vorschriften. Die Anforderungen, die sich aus dem GEG ergeben, sind erfüllt. ⁽²⁾ ☐ Die von der Fachplanerin/dem Fachplaner (Nr. 5.) aufgestellten und von mir geprüften energetischen Nachweise entsprechen den geltenden Vorschriften. Die sich aus dem GEG ergebenden Anforderungen sind erfüllt. ⁽²⁾	
III. Unterschrift  (Rundstempel)  (Unterschrift ⁽³⁾ und ggf. Bürologo) Coesfeld 05.07.2023 (Ort, Datum)	

Zur Bescheinigung gehören:

1. Prüfbericht(e) Nr. _____ bis _____ ; gilt nur wenn der Nachweis **nicht** von mir aufgestellt worden ist.
2. aufgestellter bzw. geprüfter energetische Nachweise zum Wärmeschutz

Verteiler:

⁽¹⁾ Eintragung erforderlich, wenn Fachplaner*In und saSV Schall und Wärme nicht identisch ⁽²⁾ Ankreuzen, falls zutreffend ⁽³⁾ Das Formular darf ausschließlich von saSV (§ 1 SV-VO) oder als vergleichbar anerkannten Sachverständigen (§ 4 Absatz 1 SV-VO) verwendet werden.	Formular der AK NW + IK-Bau NRW Stand: 01.07.2022
--	---



Wärmeschutznachweis

Auftragsnummer	66.2653
Objekt	Erweiterung und Umbau der Maria-Frieden Grundschule (Erweiterung) Kleine Heide 38 48653 Coesfeld
Bauherr	Stadt Coesfeld Markt 8 48653 Coesfeld
Architekt	Lindner Lohse Architekten BDA Westfalendamm 59 44141 Dortmund

- Beratende Ingenieure im Bauwesen
- Tragwerksplanung
- Bauphysik
- Beweissicherung
- Bauwerksprüfung
- SiGe-Koordination
- Ö.b.u.v. Sachverständiger der IK-Bau NRW für Massivbau¹
- Staatl. anerkannter Sachverständiger für Schall- und Wärmeschutz²
- Sachkundiger Planer für die Instandhaltung von Betonkonstruktionen³

Kossin + Vismann
Beratende Ingenieure Part mbB

PR 4689 Amtsgericht Essen

Geschäftsführer:
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Vismann^{1,2}
Dipl.-Ing. M.BP. Alexander Freckmann^{2,3}

USt-IdNr.: DE282988564

Alte Münsterstraße 1
48653 Coesfeld

Fon: 02541 84858-0
Fax: 02541 84858-22
E-Mail: mail@kv-statik.de
Internet: www.kv-statik.de

Bankverbindung
Sparkasse Westmünsterland
IBAN: DE69 4015 4530 0036 0591 45
BIC: WELADE3WXXX
VR-Bank Westmünsterland eG
IBAN: DE50 4286 1387 0640 7979 00
BIC: GENODEM1BOB

Inhalt

1. Aufgabenstellung und Grundlagen	3
2. Bauteile	10
3. Sommerlicher Wärmeschutz	18
4. GEG-Nachweis	33
5. Referenzgebäude	58

1. Aufgabenstellung und Grundlagen

Die Maria-Frieden Grundschule in Coesfeld soll saniert und erweitert werden. Das Gebäude wird um einen ein bzw. zweigeschossigen Gebäudeteil erweitert. Außerdem erfolgt eine grundlegende Sanierung des bestehenden Baukörpers. In diesem Nachweis wird die Erweiterung betrachtet. Der Nachweis erfolgt mit Hilfe folgender Unterlagen bzw. auf folgenden Grundlagen:

1.1 Maßgebende Normen, Verordnungen und Unterlagen

- Architektenpläne vom 03.03.2023

Der Wärmeschutznachweis erfolgt auf Grundlage folgender Verordnungen bzw. Normen:

- GEG 2020 (Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden)
- DIN V 18599: 2018 energetische Bewertung von Gebäuden (WG / NWG)
- DIN V 4108-2:2013 Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- DIN 4108 Beiblatt 2:2006-13 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele
- DIN EN ISO 6946: 2007, Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient
- DIN EN ISO 13789: 2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient
- DIN EN ISO 13370: 2007, Wärmeübertragung über das Erdreich
- DIN EN ISO 10077-1: 2007, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

1.2 Sommerlicher Wärmeschutz

Anforderungen an einen energieeinsparenden sommerlichen Wärmeschutz ergeben sich gemäß GEG (Gebäudeenergiegesetz) und nach DIN 4108, Teil 2 Ausgabe Februar 2013).

Folgende Randbedingungen sind bei der weiteren Planung berücksichtigt worden:

- Klimaregion B
- Nichtwohngebäude
- Bauart mittel
- Verschattung durch außenliegende Jalousien/ Raffstore (45° Lamellenstellung)
- Energiedurchlassgrad der Fenster von $g \leq 0,40$ (Sonnenschutzglas)
- Erhöhte Nachtlüftung ($n \geq 2 \text{ h}^{-1}$) in den Räumen „Büro SL“, „Förderraum 4“, „Förderraum 5“, „Lernraum 3c“, „Lernraum 4c“, „OGS Leit. + Stv. SL“

1.3 Luftdichtheit der Gebäudehülle und Mindestluftwechsel

GEG § 13 „Dichtheit, Mindestluftwechsel“:

„Ein Gebäude ist so zu errichten, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig nach den anerkannten Regeln der Technik abgedichtet ist. Öffentlich-rechtliche Vorschriften über den zum Zweck der Gesundheit und Beheizung erforderlichen Mindestluftwechsel bleiben unberührt.“

Bei diesem Bauvorhaben wurde **eine Luftdichtheitsmessung** (Blower-Door-Test) berücksichtigt.

Außerdem sind in diesem Zusammenhang folgende Norm-Hinweise zu berücksichtigen:

DIN 4108-2:2013-02, Abschnitt 4.2.3: „Hinweise zur Luftdichtheit von Außenbauteilen und zum Mindestluftwechsel“:

„Durch undichte Anschlussfugen von Fenstern und Außentüren sowie durch sonstige Undichtheiten, z.B. Konstruktions-Fugen, insbesondere von Außenbauteilen und Rollladenkästen, treten infolge des Luftaustausches Wärmeverluste auf. Die Außenbauteile müssen nach den allgemeinen anerkannten Regeln der Technik luftdicht

ausgeführt werden. Eine dauerhafte Abdichtung von Undichtheiten erfolgt nach DIN 4108-7.

Die Luftdurchlässigkeit zwischen Flügelrahmen und Blendrahmen bei Fenstern, Fenstertüren und Außentüren wird nach DIN EN 1026 bestimmt und nach DIN EN 12207 klassifiziert.

Auf ausreichenden Luftwechsel ist aus Gründen der Hygiene, der Begrenzung der Raumluftfeuchte sowie gegebenenfalls der Zuführung von Verbrennungsluft nach bauaufsichtlichen Vorschriften (z.B. Feuerungsanlagenverordnungen der Bundesländer) zu achten.

ANMERKUNG: Hinweise zu Luftwechseln enthält DIN–Fachbericht 4108-8

Die Planung des Mindestluftwechsels obliegt dem Haustechnikplaner.

1.4 Mindestwärmeschutz und Wärmebrücken

Mindestwärmeschutz:

GEG § 11 „Mindestwärmeschutz“:

„(1) Bei einem zu errichtenden Gebäude sind Bauteile, die gegen die Außenluft, das Erdreich oder gegen Gebäudeteile mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen abgrenzen, so auszuführen, dass die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2: 2013-02 und DIN 4108-3: 2018-10 erfüllt werden.

(2) Ist bei einem zu errichtenden Gebäude bei aneinandergereihter Bebauung die Nachbarbebauung nicht gesichert, müssen die Gebäudetrennwände den Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach Absatz 1 genügen.

Wärmebrücken:

GEG § 12 Wärmebrücken“:

„Ein Gebäude ist so zu errichten, dass der Einfluss konstruktiver Wärmebrücken auf den Jahres-Heizwärmebedarf nach den anerkannten Regeln der Technik und nach den im jeweiligen Einzelfall wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen so gering wie möglich gehalten wird.“

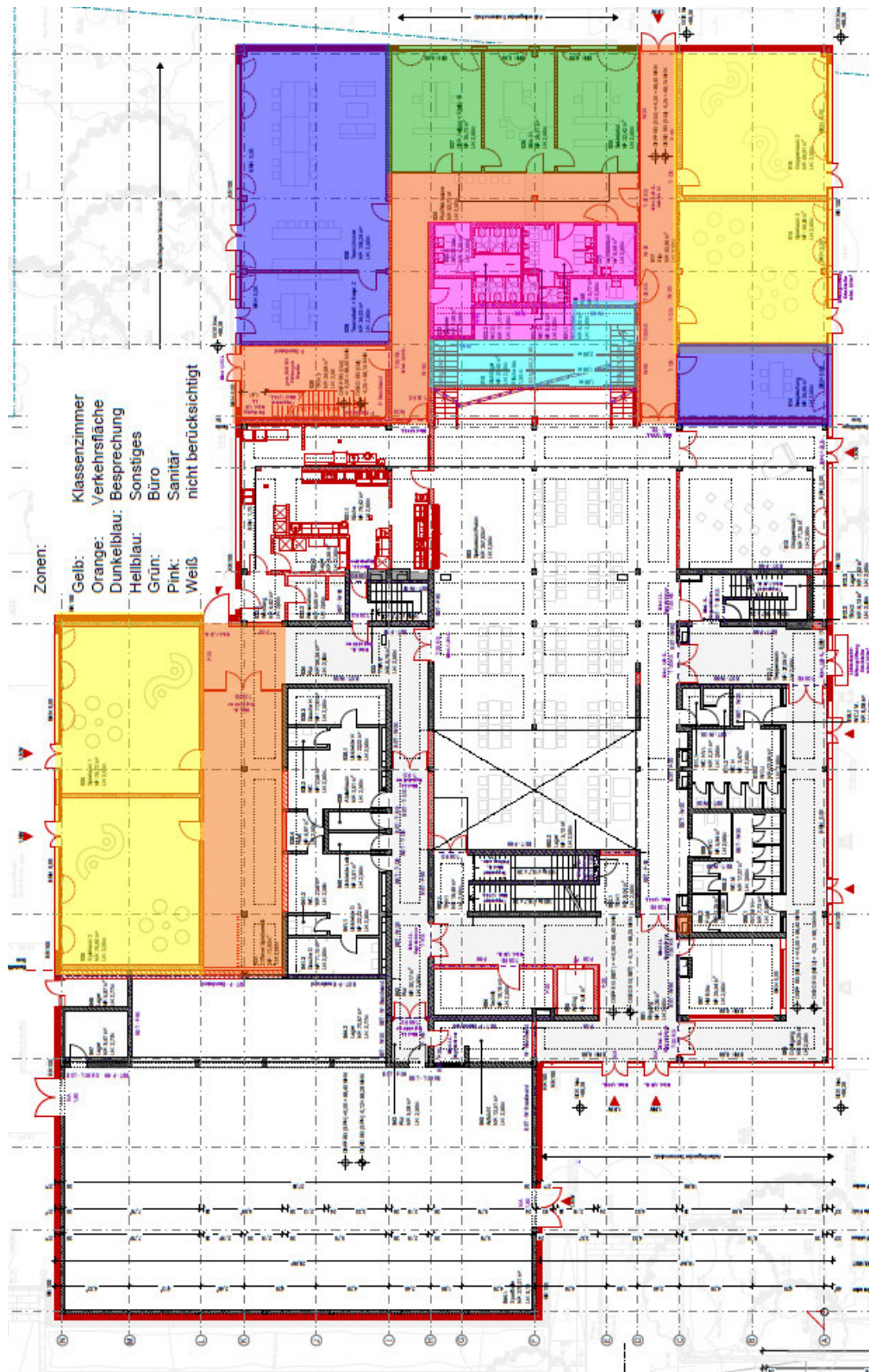
Der Einfluss von konstruktiven Wärmebrücken wird in diesem Bauvorhaben mit dem pauschalen Zuschlag von $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ bei allen Bauteilen der wärmeübertragenden Gebäudehülle berücksichtigt.

Besonderes Augenmerk ist auf alle aus der Wärme übertragenden Hülle auskragenden Konstruktionsbauteilen zu richten. Diese sind, soweit dies konstruktiv und unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten möglich ist, stets in der Wärmedämmebene des jeweiligen Außenbauteils thermisch zu trennen. Ist die thermische Trennung nicht möglich, sind Flankendämmungen entsprechend den Regeln der Technik zu berücksichtigen. Dies gilt in der Regel bei Wärmebrücken im Bereich von Außenluftkonditionen.

1.5 Zonenaufteilung

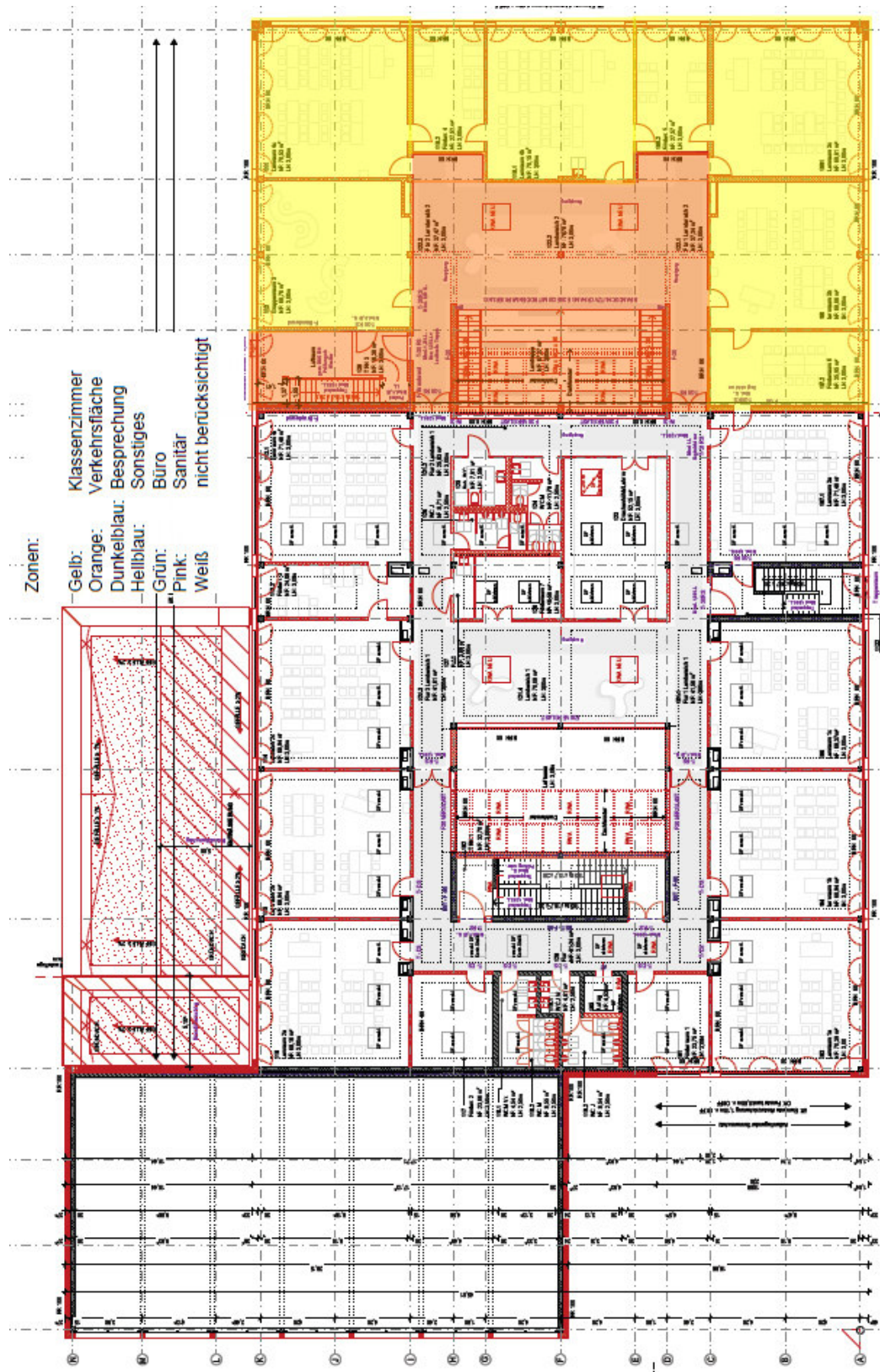
Das Gebäude wird mit Hilfe des „Mehrzonenmodells“ berechnet.

Erdgeschoss:





Obergeschoss:



Kunstlichtversorgung

- LEDs, Beleuchtungsart: direkt, keine Konstantlichtregelung

1.6 Anlagentechnik

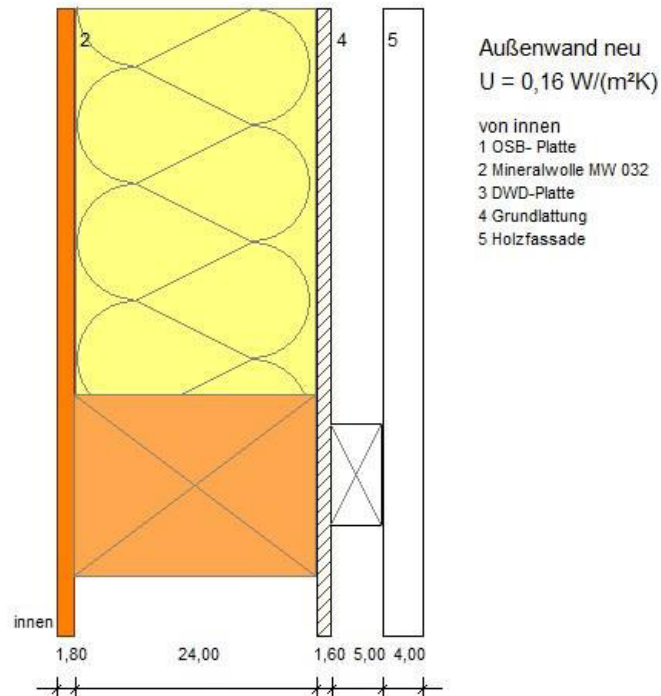
TGA	Zone	Ausführung
Warmwasser	Sanitär	Frischwasserstation über Wärmepumpe + Elektro-Durchlauferhitzer
Wärmeerzeuger	Alle	Luft-Wasser Wärmepumpe (45 kW)
Heizwärmeübergabe	Alle	Fußbodenheizung
Stromerzeugung	-	PV-Anlage (16 kWp)
Dezentrale Raumluftechnische Anlage	Lernräume	RLT mit WRG $\geq 80\%$ (4 x 830 m ³ /h)
Zentrale Raumluftechnische Anlage	Alle (ohne Lernräume)	RLT mit WRF $\geq 80\%$ (Bestand + Neubau = 12.990 m ³ /h)

2. Bauteile

Folgende Bauteilparameter werden zugrundegelegt:

Bauteil	U-Wert
Fenster	$U_w \leq 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Glasdach	$U_w \leq 1,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Außentür	$U \leq 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Weiter Bauteile siehe nachfolgende Seiten.

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

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 OSB- Platte	1,80	600	10,8	0,130	0,138
02 Mineralwolle MW 032	24,00	20	4,8	0,032	7,500
03 DWD-Platte	1,60	565	9,0	0,090	0,178
04 Grundlattung	5,00	-	-	-	-
05 Holzfassade	4,00	-	1,0	-	-
R_{se}					0,040
d =	36,40	G =	25,6	$R_T =$	7,99

 $U_{\text{Gefach}} = 0,125 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil			
6,0 cm	62,5 cm	9,6 %	36,7 kg/m ²		
		s	ρ	λ	R

Rahmenanteil von innen	cm	kg/m ³	kg/m ²	W/ (mK)	m ² K/W
R _{si}					0,130
01 OSB- Platte	1,80	600	10,8	0,130	0,138
02 Konstruktionsholz	24,00	500	120,0	0,130	1,846
03 DWD-Platte	1,60	565	9,0	0,090	0,178
04 Luftschicht belüftet	5,00	1	0,1	-	-
05 Holzfassade	4,00	-	1,0	-	-
R _{se}					0,040
	36,40		140,9	R _T =	2,33

$$U_{(R)} = 0,429 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (90,40\% \cdot 1/7,986 + 9,60\% \cdot 1/2,332) = 6,48 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,13 + 1/(0,904/0,138 + 0,096/0,138) + 1/(0,904/7,500 + 0,096/1,846) + 1/(0,904/0,178 + 0,096/0,178) + 0,04 = 6,28 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 6,38 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 \cdot R_T = 2 \%)$$

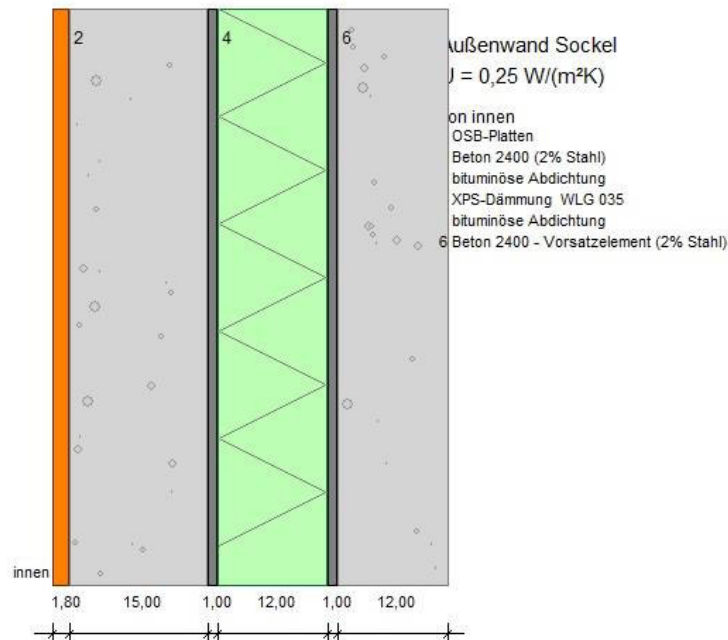
Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,157 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013). Erhöhte Anforderungen für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse < 100 kg/m²

R _(G)	7,82 ≥ 1,75	m ² K/W	erfüllt die Anforderungen
R	6,21 ≥ 1,00	m ² K/W	erfüllt die Anforderungen


Bauteil: Außenwand Sockel

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		λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 OSB-Platten	1,80	650	11,7	0,130	0,138
02 Beton 2400 (2% Stahl)	15,00	2400	360,0	2,500	0,060
03 bituminöse Abdichtung	1,00	1100	11,0	0,170	0,059
04 XPS-Dämmung WLG 035	12,00	-	-	0,035	3,429
05 bituminöse Abdichtung	1,00	1100	11,0	0,170	0,059
06 Beton 2400 - Vorsatzelement (2%)	12,00	2400	288,0	2,500	0,048
R_{se}					0,040
	d = 42,80	G = 681,7		$R_T = 3,96$	

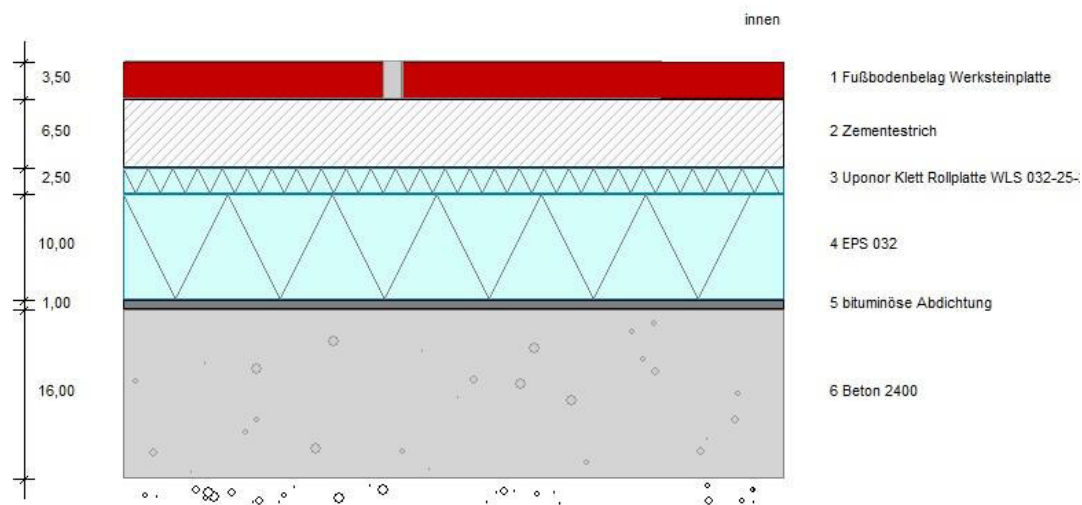
Wärmedurchgangskoeffizient

 Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,252 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

 $R \quad 3,79 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: Bodenplatte Neubau

Bodenplatte Neubau
 $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Aufgrund der vielen verschiedenen Fußbodenaufbauten wird nachweistechisch folgende Vereinfachung getroffen:

Auf der sicheren Seite liegend, wird der Bauteilaufbau mit den schlechtesten bauphysikalischen Eigenschaften angenommen. Dadurch werden die bauphysikalisch besseren Aufbauten nachweistechisch mit abgedeckt.

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 Werksteinplatte	3,50	2000	70,0	1,000	0,035
02 Zementestrich	6,50	2000	130,0	1,400	0,046
03 Uponor Klett Rollplatte WLS 032-	2,50	20	0,5	0,033	0,758
04 EPS 032	10,00	20	2,0	0,032	3,125
05 bituminöse Abdichtung	1,00	1050	10,5	0,170	0,059
06 Beton 2400	16,00	2400	384,0	2,000	0,080
R_{se}					0,000
	d = 39,50	G = 597,0		$R_T = 4,27$	

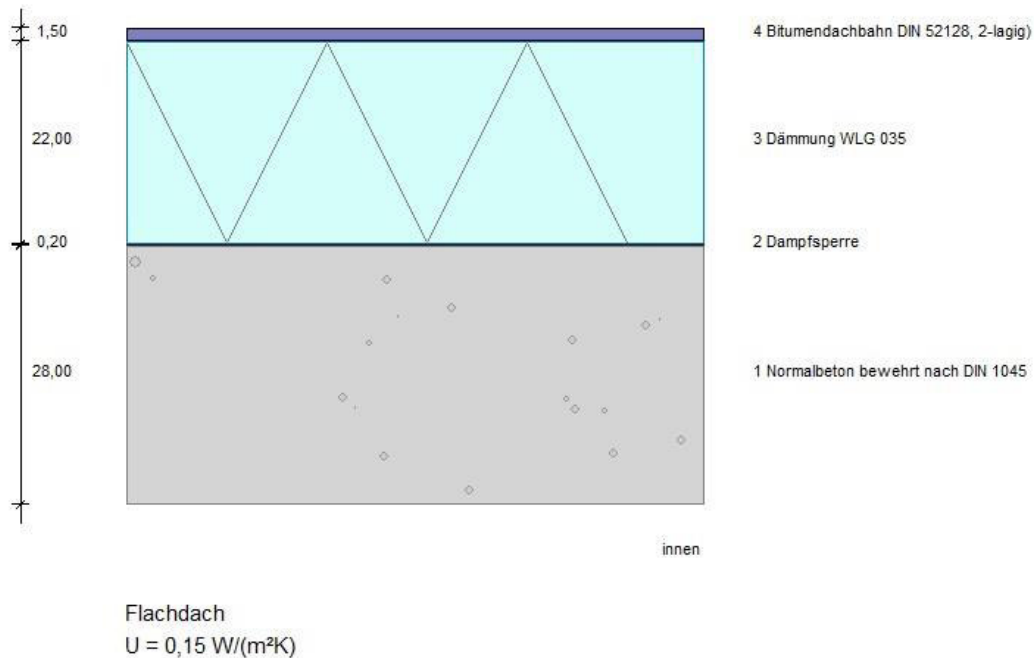
Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,234 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

$R \quad 4,10 \geq 0,90 \quad \text{m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: Flachdach

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	28,00	2400	672,0	2,100	0,133
02 Dampfsperre	0,20	1500	3,0	0,170	0,012
03 Dämmung WLG 035	22,00	20	4,4	0,035	6,286
04 Bitumendachbahn DIN 52128, 2-lag	1,50	1200	18,0	0,170	0,088
R_{se}					0,040
	d = 51,70	G =	697,4	$R_T =$	6,66

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,150 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

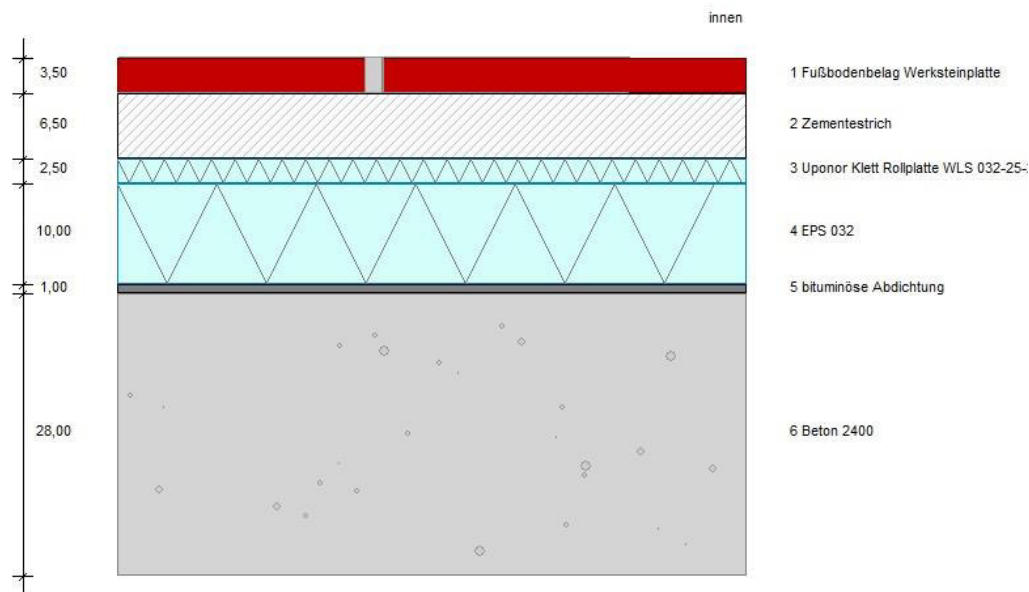
Wärmegedämmte Dachschrägen (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 6,52 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

 U_{max} bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen (GEG 2020 A7)

Anforderung: Ersatz oder erstmaliger Einbau von Dachflächen sowie Decken und Wände zum unbeheizten Dachraum in Gebäuden/Zonen mit $T_i \geq 19 \text{ °C}$

$U \quad 0,15 \leq 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ OK


Bauteil: Decke über Kriechkeller Neu


Aufgrund der vielen verschiedenen Fußbodenaufbauten wird nachweistechnisch folgende Vereinfachung getroffen:

Auf der sicheren Seite liegend, wird der Bauteilaufbau mit den schlechtesten bauphysikalischen Eigenschaften angenommen. Dadurch werden die bauphysikalisch besseren Aufbauten nachweistechnisch mit abgedeckt.

Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft" (10)
 mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ 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}					0,170
01 Fußbodenbelag Werksteinplatte	3,50	2000	70,0	1,000	0,035
02 Zementestrich	6,50	2000	130,0	1,400	0,046
03 Uponor Klett Rollplatte WLS 032-	2,50	20	0,5	0,033	0,758
04 EPS 032	10,00	20	2,0	0,032	3,125
05 bituminöse Abdichtung	1,00	1050	10,5	0,170	0,059
06 Beton 2400	28,00	2400	672,0	2,000	0,140
R_{se}					0,040
	d = 51,50	G =	885,0	$R_T =$	4,37

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,229 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

$R \quad 4,16 \geq 0,90 \quad \text{m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

3. Sommerlicher Wärmeschutz

Bauteil: sommerlicher Wärmeschutz Besprechung (= Förderraum 6)**Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013**

Nachweis für Raum / Raumgruppe Besprechung (= Förderraum 6)
 mit der Nettogrundfläche $A_G = 35,38 = 35,38 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W [\text{m}^2]$	$g [\%]$	F_C	$A_W * g * F_C$
1 Fenster West	West 90°	9,66	40	0,30	1,16
2					
9,7 m²					1,16

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,3$ Sonnenschutzglas $g \leq 0,4$ zweifach + Jalousien / Raffstore, 45°
 Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil $= 9,66 / 35,38 = 0,27$ (27%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 1,16 / 35,38 = \mathbf{0,033}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	mittel
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,013

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,001 ($f_{WG} = 0,27$)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,029

$S_{\text{vorh}} = 0,033 \leq 0,042 = S_{\text{zul}} (= 0,013 + 0,029)$ **Nachweis erbracht**

Bauteil: sommerlicher Wärmeschutz Büro SL**Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013**

Nachweis für Raum / Raumgruppe Büro SL
 mit der Nettogrundfläche $A_G = 27,76 = 27,76 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W [\text{m}^2]$	$g [\%]$	F_C	$A_W * g * F_C$
1 Fenster Süd	Süd 90°	9,52	40	0,30	1,14
2					
					9,5 m ²
					1,14

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,3$ Sonnenschutzglas $g \leq 0,4$ zweifach + Jalousien / Raffstore, 45°
 Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil $= 9,52 / 27,76 = 0,34$ (34%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 1,14 / 27,76 = \mathbf{0,041}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	mittel
Nachtlüftung	erhöht, $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$
Sonneneintragskennwert S_1	+0,081

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,009 ($f_{WG} = 0,34$)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,021

$S_{\text{vorh}} = 0,041 \leq 0,102 = S_{\text{zul}} (= 0,081 + 0,021)$ **Nachweis erbracht**

Bauteil: sommerlicher Wärmeschutz Förderraum 4 (= Förderraum 5)
Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013

Nachweis für Raum / Raumgruppe Förderraum 4 (= Förderraum 5)
 mit der Nettogrundfläche $A_G = 27,69 = 27,69 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W \text{ [m}^2\text{]}$	$g \text{ [%]}$	F_C	$A_W * g * F_C$
1 Fenster Süd 2	Süd 90°	9,20	40	0,30	1,10
9,2 m ²					1,10

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,3$ Sonnenschutzglas $g \leq 0,4$ zweifach + Jalousien / Raffstore, 45°
 Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $9,20 / 27,69 = 0,33$ (33%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 1,10 / 27,69 = \mathbf{0,040}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	mittel
Nachtlüftung	erhöht, $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$
Sonneneintragskennwert S_1	+0,081

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,008 ($f_{WG} = 0,33$)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,022

$S_{\text{vorh}} = 0,040 \leq 0,103 = S_{\text{zul}} (= 0,081 + 0,022)$ **Nachweis erbracht**

Bauteil: sommerlicher Wärmeschutz Gruppenraum 2**Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013**

Nachweis für Raum / Raumgruppe Gruppenraum 2
 mit der Nettogrundfläche $A_G = 70,87 = 70,87 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W [\text{m}^2]$	$g [\%]$	F_C	$A_W * g * F_C$
1 Fenster West	West 90°	18,19	40	0,30	2,18
2					
18,2 m²					2,18

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,3$ Sonnenschutzglas $g \leq 0,4$ zweifach + Jalousien / Raffstore, 45°
 Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $18,19 / 70,87 = 0,26$ (26%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 2,18 / 70,87 = \mathbf{0,031}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	mittel
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,013

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,000 ($f_{WG} = 0,26$)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,030

$S_{\text{vorh}} = 0,031 \leq 0,043 = S_{\text{zul}} (= 0,013 + 0,030)$ **Nachweis erbracht**

Bauteil: sommerlicher Wärmeschutz Gruppenraum 3**Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013**

Nachweis für Raum / Raumgruppe Gruppenraum 3
 mit der Nettogrundfläche $A_G = 68,97 = 68,97 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W \text{ [m}^2\text{]}$	$g \text{ [%]}$	F_C	$A_W * g * F_C$
1 Fenster Ost	Ost 90°	18,86	40	0,30	2,26
2					
18,9 m²					2,26

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,3$ Sonnenschutzglas $g \leq 0,4$ zweifach + Jalousien / Raffstore, 45°
 Lamellenstellung $F_C = 0,30$

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $18,86 / 68,97 = 0,27$ (27%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 2,26 / 68,97 = \mathbf{0,033}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	mittel
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,013

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,001 ($f_{WG} = 0,27$)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,029

$S_{\text{vorh}} = 0,033 \leq 0,042 = S_{\text{zul}} (= 0,013 + 0,029)$ **Nachweis erbracht**

Bauteil: sommerlicher Wärmeschutz Lernraum 3c**Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013**

Nachweis für Raum / Raumgruppe Lernraum 3c
 mit der Nettogrundfläche $A_G = 70,87 = 70,87 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W [\text{m}^2]$	$g [\%]$	F_C	$A_W * g * F_C$
1 Fenster Süd	Süd 90°	17,80	40	0,30	2,14
2 Fenster West	West 90°	17,80	40	0,30	2,14
3					
35,6 m²					4,27

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: Außenliegender Sonnenschutz, drehbare, hinterlüftete Lamellen $F_C = 0,25 \sim$
 Außenliegender Sonnenschutz, Rolläden oder Fensterläden $F_C = 0,30$

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $35,60 / 70,87 = 0,50$ (50%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 4,27 / 70,87 = \mathbf{0,060}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	mittel
Nachtlüftung	erhöht, $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$
Sonneneintragskennwert S_1	+0,081

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,028 ($f_{WG} = 0,50$)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,003

$S_{\text{vorh}} = 0,060 \leq 0,084 = S_{\text{zul}} (= 0,081 + 0,003)$ **Nachweis erbracht**

Bauteil: sommerlicher Wärmeschutz Lernraum 4c**Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013**

Nachweis für Raum / Raumgruppe Lernraum 4c
 mit der Nettogrundfläche $A_G = 70,88 = 70,88 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W [\text{m}^2]$	$g [\%]$	F_C	$A_W * g * F_C$
1 Fenster Süd	Süd 90°	17,80	40	0,30	2,14
2 Fenster Ost	Ost 90°	17,80	40	0,30	2,14
3					
35,6 m²					4,27

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,3$ Sonnenschutzglas $g \leq 0,4$ zweifach + Jalousien / Raffstore, 45°
 Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $35,60 / 70,88 = 0,50$ (50%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 4,27 / 70,88 = \mathbf{0,060}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	mittel
Nachtlüftung	erhöht, $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$
Sonneneintragskennwert S_1	+0,081

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,028 ($f_{WG} = 0,50$)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,003

$S_{\text{vorh}} = 0,060 \leq 0,084 = S_{\text{zul}} (= 0,081 + 0,003)$ **Nachweis erbracht**

Bauteil: sommerlicher Wärmeschutz OGS Leit- + Stv- SL**Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013**

Nachweis für Raum / Raumgruppe OGS Leit. + SV. SL
 mit der Nettogrundfläche $A_G = 35,74 = 35,74 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W [\text{m}^2]$	$g [\%]$	F_C	$A_W * g * F_C$
1 Fenster Süd 2	Süd 90°	11,14	40	0,30	1,34
11,1 m ²					1,34

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,3$ Sonnenschutzglas $g \leq 0,4$ zweifach + Jalousien / Raffstore, 45°
 Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $11,14 / 35,74 = 0,31$ (31%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 1,34 / 35,74 = \mathbf{0,037}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	mittel
Nachtlüftung	erhöht, $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$
Sonneneintragskennwert S_1	+0,081

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,006 ($f_{WG} = 0,31$)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,024

$S_{\text{vorh}} = 0,037 \leq 0,105 = S_{\text{zul}} (= 0,081 + 0,024)$ **Nachweis erbracht**

Bauteil: sommerlicher Wärmeschutz Sekretariat

Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013

Nachweis für Raum / Raumgruppe Sekretariat
mit der Nettogrundfläche $A_G = 31,63 = 31,63 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	A _w [m²]	g [%]	F _C	A _w *g*F _C
1 Fenster Süd	Süd 90°	8,20	40	0,30	0,98
2					
		8,2 m²			0,98

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_c = 0,3$ Sonnenschutzglas $g \leq 0.4$ zweifach + Jalousien / Raffstore, 45° Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $8,20 / 31,63 = 0,26$ (26%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{w,i} \cdot g_i \cdot F_{c,i}) / A_G = 0,98 / 31,63 = \mathbf{0,031}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	mittel
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,013

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,000 ($f_{WG} = 0,26$)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S+	+0,030

$$S_{\text{vorh}} = 0,031 \leq 0,043 = S_{\text{zul}} \quad (= 0,013 + 0,030) \quad \text{Nachweis erbracht}$$

Bauteil: sommerlicher Wärmeschutz Spielen 3**Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013**

Nachweis für Raum / Raumgruppe Spielen 3
 mit der Nettogrundfläche $A_G = 68,97 = 68,97 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W [\text{m}^2]$	$g [\%]$	F_C	$A_W * g * F_C$
1 Fenster West	West 90°	19,27	40	0,30	2,31
2					
19,3 m²					2,31

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,3$ Sonnenschutzglas $g \leq 0,4$ zweifach + Jalousien / Raffstore, 45°
 Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $19,27 / 68,97 = 0,28$ (28%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 2,31 / 68,97 = \mathbf{0,033}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	mittel
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,013

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

$S_{\text{vorh}} = 0,033 \leq 0,041 = S_{\text{zul}} (= 0,013 + 0,028)$ **Nachweis erbracht**

Bauteil: sommerlicher Wärmeschutz Spielraum 1 (= Spielraum 2)**Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013**

Nachweis für Raum / Raumgruppe Spielraum 1 (= Spielraum 2)
 mit der Nettogrundfläche $A_G = 75,48 = 75,48 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W \text{ [m}^2\text{]}$	$g \text{ [%]}$	F_C	$A_W * g * F_C$
1 Fenster Ost 2	Ost 90°	21,66	40	0,30	2,60
21,7 m²					2,60

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,3$ Sonnenschutzglas $g \leq 0,4$ zweifach + Jalousien / Raffstore, 45°
 Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $21,66 / 75,48 = 0,29$ (29%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 2,60 / 75,48 = \mathbf{0,034}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	mittel
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,013

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,003 ($f_{WG} = 0,29$)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,027

$S_{\text{vorh}} = 0,034 \leq 0,040 = S_{\text{zul}} (= 0,013 + 0,027)$ **Nachweis erbracht**

Bauteil: sommerlicher Wärmeschutz Teamarbeit + Bespr 2**Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013**

Nachweis für Raum / Raumgruppe Teamarbeit + Bespr. 2
 mit der Nettogrundfläche $A_G = 33,68 = 33,68 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W [\text{m}^2]$	$g [\%]$	F_C	$A_W * g * F_C$
1 Fenster Ost 2	Ost 90°	9,40	40	0,30	1,13
9,4 m²					1,13

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,3$ Sonnenschutzglas $g \leq 0,4$ zweifach + Jalousien / Raffstore, 45°
 Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil $= 9,40 / 33,68 = 0,28$ (28%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 1,13 / 33,68 = \mathbf{0,034}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	mittel
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,013

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

$S_{\text{vorh}} = 0,034 \leq 0,041 = S_{\text{zul}} (= 0,013 + 0,028)$ **Nachweis erbracht**

Bauteil: sommerlicher Wärmeschutz Teamzimmer**Sommerlicher Wärmeschutz DIN 4108-2:2013**

Nachweis für Raum / Raumgruppe Teamzimmer
 mit der Nettogrundfläche $A_G = 106,16 = 106,16 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

vorhandener Sonneneintragskennwert

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W \text{ [m}^2\text{]}$	$g \text{ [%]}$	F_C	$A_W * g * F_C$
1 Fenster Ost	Ost 90°	28,06	40	0,30	3,37
2					
28,1 m²					3,37

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen: $F_C = 0,3$ Sonnenschutzglas $g \leq 0,4$ zweifach + Jalousien / Raffstore, 45°
 Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil = $28,06 / 106,16 = 0,26$ (26%)

vorh. Sonneneintragskennwert $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{W,i} * g_i * F_{C,i}) / A_G = 3,37 / 106,16 = \mathbf{0,032}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	mittel
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert S_1	+0,013

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,000 ($f_{WG} = 0,26$)
für Sonnenschutzverglasung	+0,030
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert S_+	+0,030

$S_{\text{vorh}} = 0,032 \leq 0,043 = S_{\text{zul}} (= 0,013 + 0,030)$ **Nachweis erbracht**

4. GEG-Nachweis

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: Erweiterung der Maria Frieden Grundschule

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

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

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

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

DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

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

Gebäudeberechnung "Gebäude"

Nachweisverfahren

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

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

Referenzberechnung: Gebäude-Referenz2020.dwe

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

1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

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

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	A_{NGF} m ²	V_i m ³
1 Klassenzimmer	208 Klassenzimme	200	19,5	17,3	579	1703
2 Büro	201 Einzelbüro	250	20,0	17,4	95	244
3 Besprechung	204 Besprechung,	250	19,9	17,4	175	449
4 Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,7	61	157
5 Verkehrsfläche	219 Verkehrsfläc	250	19,9	17,3	393	1181
6 Sonstiges	217 Sonstige Auf	250	19,9	17,5	36	122
					1.341	3.855

Gebäude, $A_{NGF} = 1340,6 \text{ m}^2$, $n_G = 2$ Geschosse

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

2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2

Begrenzung der U-Werte (U_{max} -Nachweis) GEG § 19

Hüllfläche	Zone	A	U	F_x	Anmerkungen	H_T
------------	------	---	---	-------	-------------	-------

		m ²	W/ (m ² K)			W/K
1 Klassenzimmer						
Außenwand Sockel Ost	1:0	1,3	0,252	1,00 FAW	58 02	0,3
Fenster Ost	1:0	80,5	1,000	1,00 FF	58 02	80,5
Außenwand neu Ost	1:0	66,0	0,157	1,00 FAW	58 02	10,4
Außenwand Sockel Süd	1:0	5,3	0,252	1,00 FAW	58 02	1,3
Fenster Süd	1:0	74,7	1,000	1,00 FF	58 02	74,7
Außenwand neu Süd	1:0	116,0	0,157	1,00 FAW	58 02	18,2
Außenwand Sockel West	1:0	0,6	0,252	1,00 FAW	58 02	0,2
Fenster West	1:0	86,1	1,000	1,00 FF	58 02	86,1
Außenwand neu West	1:0	54,4	0,252	1,00 FAW	58 02	13,7
Decke-Kriechkeller Neu	1:0	154,4	0,229	1,00 FD	58	35,3
Flachdach Neu	1:0	661,3	0,150	1,00 FD	58 02	99,2
Bodenplatte Neubau	1:0	175,2	0,234	0,50 FG	53 25 14	20,5
2 Büro						
Außenwand Sockel Süd	2:0	1,1	0,252	1,00 FAW	58 02	0,3
Fenster Süd	2:0	29,8	1,000	1,00 FF	58 02	29,8
Außenwand neu Süd	2:0	16,7	0,157	1,00 FAW	58 02	2,6
Decke-Kriechkeller Neu	2:0	106,5	0,229	1,00 FD	58	24,4
3 Besprechung						
Außenwand Sockel Ost	3:0	0,6	0,252	1,00 FAW	58 02	0,2
Fenster Ost	3:0	38,2	1,000	1,00 FF	58 02	38,2
Außenwand neu Ost	3:0	18,2	0,157	1,00 FAW	58 02	2,9
Außenwand Sockel Süd	3:0	5,3	0,252	1,00 FAW	58 02	1,3
Außenwand neu Süd	3:0	24,0	0,157	1,00 FAW	58 02	3,8
Außenwand Sockel West	3:0	0,2	0,252	1,00 FAW	58 02	0,1
Fenster West	3:0	9,9	1,000	1,00 FF	58 02	9,9
Außenwand neu West	3:0	5,0	0,157	1,00 FAW	58 02	0,8
Decke-Kriechkeller Neu	3:0	195,4	0,229	1,00 FD	58	44,7
4 Sanitär						
Decke-Kriechkeller Neu	4:0	72,8	0,229	1,00 FD	58	16,7
5 Verkehrsfläche						
Außenwand Sockel Ost	5:0	0,6	0,252	1,00 FAW	58 02	0,1
Fenster Ost	5:0	3,6	1,000	1,00 FF	58 02	3,6
Außentür Ost	5:0	4,9	1,300	1,00 FAW	58 02 09	6,4
Außenwand neu Ost	5:0	23,6	0,157	1,00 FAW	58 02	3,7
Außenwand Sockel Süd	5:0	0,1	0,252	1,00 FAW	58 02	0,0
Außentür Süd	5:0	8,5	1,300	1,00 FAW	58 02 09	11,0
Außenwand neu Süd	5:0	5,9	0,157	1,00 FAW	58 02	0,9
Decke-Kriechkeller Neu	5:0	163,6	0,229	1,00 FD	58	37,5
Bodenplatte Neubau	5:0	94,8	0,234	0,50 FG	53 25 14	11,1
Glasdach	5:0	116,2	1,600	1,00 FF	58 71 02	185,9
Flachdach Neu	5:0	156,6	0,150	1,00 FD	58 02	23,5
6 Sonstiges						
Decke-Kriechkeller Neu	6:0	66,3	0,229	1,00 FD	58	15,2
		Σ A [m ²]	=	2.644,3	Σ H _T [W/K]	= 915,0

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 175,20 / 29,07 = 6,03$ 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).
- 09 Außentür
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 25 F_x-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.

53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert bilanziert wird.

58 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,03 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.

71 Glasdach

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur $H_{T,WB} = 71,2 \text{ W/K}$ (7,8 %, 0,027 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

Transferkoeffizienten Transmission	$H_{T,D}$ W/K	$H_{T,s}$ W/K	$H_{T,iu}$ W/K	ΣH_T W/K	$H_{T,iz}$ W/K	$H_{T,zi}$ W/K
1 Klassenzimmer	459	0	20	480	0	0
2 Büro	62	0	0	62	0	0
3 Besprechung	111	0	0	111	0	0
4 Sanitär	19	0	0	19	0	0
5 Verkehrsfläche	287	0	11	298	0	0
6 Sonstiges	17	0	0	17	0	0
	955		32	986		

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

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 986,3 / 2.644,3 = \mathbf{0,37 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

	opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberfl. [W/ (m²K)]
U_{max} $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,28	1,50	1,50	2,50
U_{max} $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,50	2,80	3,00	3,10
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,18	1,00		1,60

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

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

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, Grenzwert nach GEG §26 für Dichtheitsprüfung mit RLT-Anlage, $n_{50} = 1,50 \text{ h}^{-1}$

Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 2,5 \cdot 2644 / 3855 = 1,71 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

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

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n ₅₀		V _A		Luftwechsel		Fenster	Lüftungsanlage	
		h ⁻¹	m ³ / (m ² h)	h ⁻¹	m ³ / (m ² h)	n _{nutz} h ⁻¹	n _{inf} h ⁻¹	n _{win} h ⁻¹	n _{m, ZUL} h ⁻¹	t _{V, m} h/d
1 Klassenzimmer	-	2,17	10,00	3,40	0,15	0,39	2,53	9		
2 Büro	-	1,58	4,00	1,56	0,11	0,26	1,17	13		
3 Besprechung	-	1,65	15,00	5,86	0,12	2,59	1,17	13		
4 Sanitär	-	1,16	15,00	5,86	0,08	2,59	1,17	13		
5 Verkehrsfläche	-	1,22	0,00	0,00	0,09	0,10	1,17	13		
6 Sonstiges	-	1,36	7,00	2,09	0,09	0,54	1,17	13		

⇒ WE-Betrieb ...

1 Klassenzimmer	0,00	0,00	0,15	0,10
2 Büro	0,00	0,00	0,11	0,10
3 Besprechung	0,00	0,00	0,12	0,10
4 Sanitär	0,00	0,00	0,08	0,10
5 Verkehrsfläche	0,00	0,00	0,09	0,10
6 Sonstiges	0,00	0,00	0,09	0,10

Zone <1> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 4311 / 4311 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 285 / 285 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <3> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 525 / 525 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <4> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 184 / 184 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <5> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 1381 / 1381 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <6> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 143 / 143 m³/h, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG75

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

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

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

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

n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = n_{win, min} + Δn_{win} * t_{nutz} / 24, mit RLT = n_{win, min} + Δn_{win, mech} * t_{V, mech} / 24
mit n_{win, min} = 0,1, in Wohngebäuden n_{win, min} = saisonal nach Gl.77

Δn_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0,2) * n_{inf} - 0,1 (ohne RLT), falls n_{nutz} > 1,2 ⇒ Δn_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0,1

n_{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 m ³	H _{V, z, Jan} W/K	H _{V, inf} W/K	H _{V, win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V, mech} W/K	θ _{V, Jan} °C
1 Klassenzimmer	1.703	0	88	225	313	549	15,2
2 Büro	244	0	9	21	31	52	15,2
3 Besprechung	449	0	18	394	412	97	15,2
4 Sanitär	157	0	4	138	143	34	15,2
5 Verkehrsfläche	1.181	0	34	40	75	254	15,2
6 Sonstiges	122	0	4	23	27	26	15,2

0 157 842 999 1013

⇒ WE-Betrieb ...

1 Klassenzimmer	0	88	58	146
2 Büro	0	9	8	17
3 Besprechung	0	18	15	33
4 Sanitär	0	4	5	10
5 Verkehrsfläche	0	34	40	75
6 Sonstiges	0	4	4	8

0 157 131 288

H_{V, z} = V * 0,34 [W/K] = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtet

H_V = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = n * V * c_{p, a} * ρ_a = n * V * 0,34 [W/K]

H_{V, win, ohne RLT} = f_{win, seasonal} * H_{V, win} = (0,04 * θ_e + 0,8) * H_{V, win} [W/K] (Fensterlüftung saisonal)

Σ 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

4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster

Bauliche Verschattung F_S aus Horizontwinkel α_h , Überhangwinkel α_o und Seitenwinkel α_f
 Abminderungsfaktoren $F_S = 0.90$ nach GEG §25, vereinfacht

Kollektorfläche	Zone	Ag m²	IS, Jan/Jul W/m²	geff, Jan/Jul %			QS, Jan/Jul kWh/d
Fenster Ost	1	56,38	25/ 138	44/	44	7100	14,8/ 81,7
Fenster Süd	1	52,29	59/ 113	44/	44	"	32,4/ 62,0
Fenster West	1	60,27	17/ 117	44/	44	"	10,7/ 74,0
Fenster Süd	2	20,85	59/ 113	44/	44	"	12,9/ 24,7
Fenster Ost	3	26,71	25/ 138	44/	44	"	7,0/ 38,7
Fenster West	3	6,91	17/ 117	44/	44	"	1,2/ 8,5
Fenster Ost	5	2,55	25/ 138	44/	44	"	0,7/ 3,7
Glasdach	5	81,34	29/ 210	44/	44	"	24,7/179,3
		307,30					104/ 473

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

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

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

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

4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, \text{Jul}}$ W/m ²	$Q_{S, \text{Jul}}$ kWh/d
Außenwand Sockel Os	O 1	1,3	0,25	0,50	4,50	138	0,0
Außenwand neu Ost	O 1	66,0	0,16	0,50	4,50	138	0,5
Außenwand Sockel Sü	S 1	5,3	0,25	0,50	4,50	113	0,0
Außenwand neu Süd	S 1	116,0	0,16	0,50	4,50	113	0,6
Außenwand Sockel We	W 1	0,6	0,25	0,50	4,50	117	0,0
Außenwand neu West	W 1	54,4	0,25	0,50	4,50	117	0,5
Flachdach Neu	- 1	661,3	0,15	0,50	4,50	210	5,7
Außenwand Sockel Sü	S 2	1,1	0,25	0,50	4,50	113	0,0
Außenwand neu Süd	S 2	16,7	0,16	0,50	4,50	113	0,1
Außenwand Sockel Os	O 3	0,6	0,25	0,50	4,50	138	0,0
Außenwand neu Ost	O 3	18,2	0,16	0,50	4,50	138	0,1
Außenwand Sockel Sü	S 3	5,3	0,25	0,50	4,50	113	0,0
Außenwand neu Süd	S 3	24,0	0,16	0,50	4,50	113	0,1
Außenwand Sockel We	W 3	0,2	0,25	0,50	4,50	117	0,0
Außenwand neu West	W 3	5,0	0,16	0,50	4,50	117	0,0
Außenwand Sockel Os	O 5	0,6	0,25	0,50	4,50	138	0,0
Außentür Ost	O 5	4,9	1,30	0,50	4,50	138	0,3

Außenwand neu Ost	O	5	23,6	0,16	0,50	4,50	138	0,2
Außenwand Sockel Sü	S	5	0,1	0,25	0,50	4,50	113	0,0
Außentür Süd	S	5	8,5	1,30	0,50	4,50	113	0,4
Außenwand neu Süd	S	5	5,9	0,16	0,50	4,50	210	0,1
Flachdach Neu	-	5	156,6	0,15	0,50	4,50	210	1,4

1.176,2

10,0

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

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

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

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

 h_r = äußerer Abstrahlungskoeffizient, Regelwert = 5 * Emissionsgrad = 5 * 0.8 = 4 W/(m²K)

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

4.3 solare Warmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
1 Klassenzimme	4.999	3.735	1.358	929	1.796	1.628	4.092	53.120
2 Büro	808	719	256	197	400	288	665	7.638
3 Besprechung	870	584	210	129	256	276	726	10.158
4 Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Verkehrsfläc	3.320	2.084	810	460	788	1.074	2.624	38.901
6 Sonstiges	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
1 Klassenzimme	87	20	-	-	4	1	33	1.272
2 Büro	3	3	-	-	1	0	2	26
3 Besprechung	8	5	-	-	1	0	5	75
4 Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Verkehrsfläc	31	12	-	-	2	0	15	408
6 Sonstiges	-	-	-	-	-	-	-	-
	10.126	7.161	2.634	1.715	3.248	3.267	8.162	111.598

5.0 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 Klassenzimmer	579	57,9	11,6	0,0	69,5
2 Büro	95	2,9	4,1	0,0	6,9
3 Besprechung	175	16,3	1,4	0,0	17,7
4 Sanitär	61	-	-	0,0	0,0
5 Verkehrsfläche	393	-	-	0,0	0,0
6 Sonstiges	36	3,4	0,3	0,0	3,7

⇒ WE-Betrieb ...

1 Klassenzimmer	-	-	0,0	0,0
2 Büro	-	-	0,0	0,0
3 Besprechung	-	-	0,0	0,0
4 Sanitär	-	-	0,0	0,0
5 Verkehrsfläche	-	-	0,0	0,0
6 Sonstiges	-	-	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 Klassenzimmer	0,0	9,3	0,4	0,0	0,0
2 Büro	0,0	3,4	0,1	0,0	0,0
3 Besprechung	0,0	7,5	0,1	0,0	0,0
4 Sanitär	0,0	1,3	0,0	0,5	0,0
5 Verkehrsfläche	0,0	12,0	0,3	0,0	0,0
6 Sonstiges	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0

AB = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

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

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

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

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

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

Zone	ΣH_T W/K	ΣH_V W/K	$\Sigma H_{V,mech}$ W/K	Q_{sink} kWh/d	Q_{source} kWh/d	γ
1 Klassenzimmer	480	313	549	442	137	0,311
2 Büro	62	31	52	54	23	0,432
3 Besprechung	111	412	97	255	34	0,132
4 Sanitär	19	143	34	79	2	0,025
5 Verkehrsfläche	298	75	254	215	38	0,176
6 Sonstiges	17	27	26	24	5	0,202

Zone	C_{wirk} Wh / (m² K)	H W/K	τ h	a	η	η_{WE}
1 Klassenzimmer	50	1342	21,58	2,35	0,955	0,997
2 Büro	50	145	32,87	3,05	0,955	0,993
3 Besprechung	50	619	14,14	1,88	0,981	1,000
4 Sanitär	50	195	15,72	1,98	0,999	1,000
5 Verkehrsfläche	50	627	31,33	2,96	0,995	1,000
6 Sonstiges	50	70	26,03	2,63	0,988	1,000

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

ΣH_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

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

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

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

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

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

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

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

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

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

Temperaturrandbedingungen

Außentemperaturen T_e im Monatsmittel für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"
 Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

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

7.1 Zone 1 Klassenzimmer

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen η_{source} siehe Abs.6.0

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

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

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5$ °C und $Q_I = 69,5$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,598	0,775	0,948	0,971	0,955	0,951	0,855	0,652
$\eta_{\text{source, WE}}$		0,468	0,852	0,998	1,000	0,997	0,997	0,920	0,634
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.032	513	497	513	513	464	513	6.964
t_h	h	209	550	720	744	744	672	744	4.862
$Q_{h,b,RE}$	kWh	409	1.613	4.196	5.773	5.284	4.469	2.951	26.570
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	20	1.733	2.562	2.143	1.786	563	8.807
Q_T	kWh	2.025	3.592	5.108	6.278	6.247	5.388	5.091	42.125
Q_V	kWh	895	2.096	3.287	4.186	4.127	3.531	3.200	23.891
Q_S^*	kWh	2.744	3.041	1.318	915	1.753	1.582	3.646	26.520
Q_I^*	kWh	765	1.034	1.243	1.338	1.292	1.150	1.131	10.234

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

7.2 Zone 2 Büro

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0$ °C und $Q_I = 6,9$ 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}		0,386	0,698	0,964	0,978	0,955	0,959	0,888	0,625
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,409	0,780	0,998	1,000	0,993	0,996	0,886	0,625
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	-	82	84	84	76	229	794
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.463
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	56	528	759	630	573	443	3.109
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	86	159	94	95	-	434
Q_T	kWh	270	479	681	837	833	718	679	5.616
Q_V	kWh	108	250	391	497	490	420	381	2.850
Q_S^*	kWh	319	522	250	194	388	280	592	3.977
Q_I^*	kWh	80	152	208	223	212	190	191	1.607

7.3 Zone 3 Besprechung

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9^\circ\text{C}$ und $Q_I = 17,7\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,784	0,933	0,976	0,984	0,981	0,978	0,950	0,787
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,695	0,979	1,000	1,000	1,000	1,000	0,980	0,689
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	299	150	155	155	140	155	1.441
t_h	h	493	510	720	744	744	672	744	5.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	740	2.390	3.783	4.822	4.715	4.016	3.431	26.640
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	235	359	316	248	68	1.227
Q_T	kWh	483	856	1.218	1.497	1.489	1.285	1.214	10.044
Q_V	kWh	1.307	2.425	3.514	4.350	4.321	3.721	3.487	28.297
Q_S^*	kWh	664	558	206	128	253	272	702	6.334
Q_I^*	kWh	399	496	510	541	528	470	499	4.912

7.4 Zone 4 Sanitär

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,997	0,998	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	1,000
$\eta_{\text{source,WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	29	52	53	54	54	49	54	466
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	8.463
$Q_{h,b,RE}$	kWh	487	930	1.342	1.657	1.646	1.419	1.333	10.714
$Q_{h,b,WE}$	kWh	7	12	39	58	57	47	37	285
Q_T	kWh	83	147	209	256	255	220	208	1.720
Q_V	kWh	450	836	1.212	1.500	1.490	1.283	1.202	9.754
Q_S^*	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_I^*	kWh	38	40	40	42	41	37	41	474

7.5 Zone 5 Verkehrsfläche

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}		0,569	0,915	0,992	0,998	0,995	0,989	0,916	0,649
$\eta_{source,WE}$		0,431	0,888	0,999	1,000	1,000	0,997	0,919	0,616
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	415	761	337	348	348	315	348	3.604
t_h	h	133	510	720	744	744	672	744	4.759
$Q_{h,b,RE}$	kWh	111	1.509	2.955	4.026	3.785	3.010	1.841	17.769
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	583	951	837	584	52	3.006
Q_T	kWh	1.305	2.314	3.290	4.044	4.024	3.471	3.279	27.135
Q_V	kWh	278	777	1.278	1.651	1.624	1.384	1.232	8.736
Q_S^*	kWh	1.761	1.900	805	459	788	1.065	2.420	16.397
Q_I^*	kWh	118	212	251	293	262	214	199	1.818

7.6 Zone 6 Sonstiges

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9\text{ °C}$ und $Q_I = 3,7\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,870	0,957	0,982	0,988	0,988	0,987	0,980	0,926
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	19	32	31	32	32	29	32	283
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.248
$Q_{h,b,RE}$	kWh	63	196	324	419	414	353	316	2.338
$Q_{h,b,WE}$	kWh	13	24	48	66	65	55	47	374
Q_T	kWh	75	133	190	233	232	200	189	1.564
Q_V	kWh	88	185	282	354	351	301	276	2.136
Q_S^*	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_I^*	kWh	88	100	99	103	103	93	102	1.133

7.7 Summe Heizwärmebedarf

	Q_T kWh/a	Q_V kWh/a	Q_S^* kWh/a	Q_I^* kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/(m ² a)
1 Klassenzimmer	42.125	23.891	26.520	10.234	35.377	61,1
2 Büro	5.616	2.851	3.977	1.607	3.543	37,2
3 Besprechung	10.044	28.297	6.334	4.912	27.867	159,0
4 Sanitär	1.720	9.754	-	474	11.000	179,2
5 Verkehrsfläche	27.135	8.736	16.397	1.818	20.776	52,8
6 Sonstiges	1.565	2.136	-	1.133	2.711	74,4
	88.203	75.664	53.228	20.177	101.274	75,5

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)**9.1 Gewählte RLT-Anlagen**Betrachtungsmonat Januar, $\vartheta_e = 1,0\text{ °C}$

Zone	Feuchteanf.	No	Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP, Jan}$ °C
1 Klassenzimmer	mT	203	RLT-Anlage	VE rec75	15,2
2 Büro	mT	203	RLT-Anlage	VE rec75	15,2
3 Besprechung	mT	203	RLT-Anlage	VE rec75	15,2
4 Sanitär	-	203	RLT-Anlage	VE rec75	15,2
5 Verkehrsfläche	-	203	RLT-Anlage	VE rec75	15,2
6 Sonstiges	mT	203	RLT-Anlage	VE rec75	15,2

Zone <1> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 4311 / 4311 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 285 / 285 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <3> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 525 / 525 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <4> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 184 / 184 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <5> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 1381 / 1381 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <6> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 143 / 143 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, 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

9.2 Strombedarf der Ventilatoren

	$V_{mech, m}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_V, Jan kWh
1 Klassenzimmer	4311	153	1,80	1,20	458
2 Büro	285	276	0,12	0,08	55
3 Besprechung	525	276	0,22	0,15	101
4 Sanitär	184	276	0,08	0,05	35
5 Verkehrsfläche	1381	276	0,58	0,38	265
6 Sonstiges	143	276	0,06	0,04	27

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
1 Klassenzimmer	443	458	443	458	458	414	458	5.391
2 Büro	53	55	53	55	55	49	55	643
3 Besprechung	97	101	97	101	101	91	101	1.186
4 Sanitär	34	35	34	35	35	32	35	416
5 Verkehrsfläche	256	265	256	265	265	239	265	3.120
6 Sonstiges	26	27	26	27	27	25	27	322
	910	941	910	941	941	850	941	11.078

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

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

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

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

nicht vorgesehen

9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

nicht vorgesehen

9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (7), mit Dachoberlichtern (1)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

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

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone		E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 <1> Fassade Süd	Süd	1	300	259,4	81,2	gut	84
2 <1> Fassade West	West	1	300	296,2	92,7	gut	84
3 <1> Fassade Ost	Ost	1	300	235,4	73,7	gut	84
4 <2> Fassade Süd	Süd	2	500	72,9	22,8	gut	76
5 <3> Fassade West	West	3	500	33,5	10,5	gut	74
6 <3> Fassade Ost	Ost	3	500	93,4	29,2	gut	74
8 <5> Fassade Ost	Ost	5	100	8,9	2,8	gut	87

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich	Zone		E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
7 <5> DOB -	5		100	1394,4	116,2	keine	83

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
1 Klassenzimmer	579	791	-212
2 Büro	95	73	22
3 Besprechung	175	127	48
4 Sanitär	61	-	61
5 Verkehrsfläche	393	1.403	-1.010
6 Sonstiges	36	-	36

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

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

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

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

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

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

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

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich		C_{TL}	$C_{TL, kon}$	F_{TL} Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1 <1> Fassade Süd	1	84	55	61	55	51	48	46	46
2 <1> Fassade West	1	84	55	60	55	51	48	46	46
3 <1> Fassade Ost	1	84	55	60	55	51	48	46	46

4 <2> Fassade Süd	2	76	52	66	62	58	56	54	54
5 <3> Fassade West	3	74	52	68	63	59	57	56	55
6 <3> Fassade Ost	3	74	52	68	63	59	57	56	55
7 <5> DOB -	5	83	50	69	62	56	52	49	49
8 <5> Fassade Ost	5	87	60	56	49	45	41	39	39

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (6)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E_m lx	Lampen	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 Klassenzimmer	1	300	9-1-1	3,6	0,88	62	1225	0	176
2 2 Büro	2	500	9-1-1	7,2	0,85	121	2162	176	103
3 3 Besprechung	3	500	9-1-1	6,6	0,75	109	1907	155	158
4 4 Sanitär	4	200	9-1-1	3,6	0,55	0	1399	114	29
5 5 Verkehrsfläche	5	100	9-1-1	1,8	0,60	89	1526	124	254
6 6 Sonstiges	6	300	9-1-1	4,0	0,75	0	1907	155	25

745

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, $A_{KL} = 2.563 \text{ m}^2$

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

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

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
1 Klassenzimme	133	148	158	182	158	131	135	1.658
2 Büro	65	70	71	78	72	63	67	807
3 Besprechung	144	154	156	169	158	138	147	1.773
4 Sanitär	28	29	28	29	29	26	29	337
5 Verkehrsfläc	205	228	246	284	254	209	212	2.584
6 Sonstiges	25	25	25	25	25	23	25	298
	599	654	683	767	697	589	614	7.456

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} * E_m * k_{WF} * k_A * k_L * k_{VB}$ W/m² (Gl.11)

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

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

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

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

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

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)

Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
1 Klassenzimmer	57	302	5,290	50,000	21,58	0,186

2 Büro	7	35	5,245	50,000	32,87	0,190
3 Besprechung	38	72	1,912	50,000	14,14	0,436
4 Sanitär	12	2	0,158	50,000	15,72	0,978
5 Verkehrsfläche	27	194	7,229	50,000	31,33	0,138
6 Sonstiges	3	5	1,549	50,000	26,03	0,554

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------

⇒ $Q_{C,b}$ (Raumklima)

1 Klassenzimmer	47	93	90	468	1.900	3.215	4.157	21.871
2 Büro	7	23	15	98	334	485	566	3.560
3 Besprechung	8	12	13	45	186	395	660	3.280
4 Sanitär	-	-	-	-	-	0	1	5
5 Verkehrsfläc	1	3	9	162	1.440	2.930	3.785	16.870
6 Sonstiges	1	1	1	2	4	14	30	191

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{C,b}$

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

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

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

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

Zone	$t_{c, \text{op}, d}$ h/d	$Q_{C, \text{max}, \text{Juli}}$ kW	$Q_{C, \text{max}, \text{Sept}}$ kW	techn. gekühlt
1 Klassenzimmer	9	64,1	56,8	nein
2 Büro	13	6,2	7,3	nein
3 Besprechung	13	13,5	9,4	nein
4 Sanitär	13	0,2	-0,7	nein
5 Verkehrsfläche	13	35,1	24,7	nein
6 Sonstiges	13	0,3	0,0	nein
		119,4	97,5	

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

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

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d	je	Menge	$Q_{w,b, \text{Jan}}$ kWh/M
1 Klassenzimmer	nicht relevant				-
2 Büro	nicht relevant				-
3 Besprechung	nicht relevant				-
4 Sanitär	Schule ohne Dus	0,130	m ² Klassenräu	579	1.598
5 Verkehrsfläche	nicht relevant				-
6 Sonstiges	nicht relevant				-

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

c) Flächenbezug ist die Nettogrundfläche ANGf

12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 dezentrale WW-Versorgung	25% 4/	0,98	4.610
2 zentrale WW-Versorgung	75% 4/	0,98	13.831
3			

12.3 Verteilungsnetze

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4

Verteilssystem: dezentral mit Erzeugern

Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)

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

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4

Verteilssystem: Leitungslängen nach DIN V 18599-8:2018, Zirkulationsbetrieb an $z = 11,0$ h/d

Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)

mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation, im Zirkulationsbetrieb $57,5^\circ\text{C}$ (Tab.6)

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom $V = 0,00$ m³/h, $\Delta p = 14,8$ kPa, $P_{hydr} = 0,000$ kPa*m³/h, $e_{w,d,aux} = 1,4$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichtlg. (St)	
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4								
Leitungslängen l_i		0 m		0 m		1 m		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i						0,255 W/ (mK)		
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$						26,3 °C		
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$						19,9 °C		
(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4								
Leitungslängen l_i		0 m		0 m		9 m		
Wärmedurchgangskoeffizient U_i						0,255 W/ (mK)		
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$						32,9 °C		
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$						19,9 °C		
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4

$Q_{w,b}$	kWh	379	392	379	392	392	354	392	4.610
$Q_{w,d,St}$	kWh	1	1	1	1	1	1	1	13
$Q_{w,d}$	kWh	1	1	1	1	1	1	1	13
$Q_{I,w,d}$	kWh	1	1	1	1	1	1	1	13

Aufteilung $Q_{I,w,d}$: nach Grundflächenanteilen

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4

$Q_{w,b}$	kWh	1.137	1.175	1.137	1.175	1.175	1.061	1.175	13.831
$Q_{w,d,St}$	kWh	14	15	15	16	16	14	15	176
$Q_{w,d}$	kWh	14	15	15	16	16	14	15	176
$W_{w,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,w,d}$	kWh	14	15	15	16	16	14	15	176

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

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

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

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

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

12.4 Warmwasserspeicher

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4
nicht vorhanden

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4
nicht vorhanden

12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4									
$Q_{w,outg}$	kWh	380	393	380	393	393	355	393	4.623
(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4									
$Q_{w,outg}$	kWh	1.151	1.190	1.152	1.190	1.190	1.075	1.190	14.007

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4
Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010 für Heizung und WW, 80,3 kW
Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d, Vorrangschaltung für WW

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

Die Leistungszahlen (COP) werden für die Vorlauftemperatur 55°C und für die monatsmittlere

Außenlufttemperatur korrigiert, Außentemperaturen für "4 Potsdam (Deutschland)"

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

Jahresarbeitszahl $SPF_{w,gen,a} = 14007 / (3396 + 0 + 0) = 4,12$ (Gl.89)

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

$Q_{w,f}$ = Endenergiebedarf und $W_{w,gen}$ = Hilfsenergiebedarf der Wärmepumpe

COP = Leistungszahl der WP, $t_{w,gen}$ = Laufzeit, $Q_{w,in}$ = verwendete Umweltwärme (Gl.80)

$Q_{w,f,hu}$ = Nutzwärmebedarf der Nachheizung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4, Jahresarbeitszahl _{WW} = 4,12									
$Q_{w,outg}$	kWh	1.151	1.190	1.152	1.190	1.190	1.075	1.190	14.007
COP		4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	
$t_{w,gen}$	h/d	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
$Q_{w,f}$	kWh	279	288	279	289	289	261	289	3.396
$Q_{w,in}$	kWh	872	901	872	902	902	814	902	10.611
$W_{w,gen}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

12.8 Wärmeerzeugung

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4
Wärmeerzeuger 21 elektronisch gesteuerter Elektro-Durchlauferhitzer 2,3 kW (Strom-Mix)

Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 100,0 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0000 \text{ kW}$

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

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

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

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4

$Q_{w,outg}$	kWh	380	393	380	393	393	355	393	4.623
--------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

$Q_{w,f}$	kWh	380	393	380	393	393	355	393	4.623
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4

$Q_{w,outg}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
--------------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---

$t_{w,Pn,d}$	h/d	-	-	-	-	-	-	-	-
--------------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---

$Q_{w,g}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
-----------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---

$Q_{w,f}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
-----------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---

mit $Q_{w,outg}$ = Nutzwärmebedarf der Erzeugung, $t_{w,Pn,d}$ = Laufzeit des Kessels im WW-Betrieb, $Q_{w,g}$ = Wärmeverlust des Kessels im WW-Betrieb und ggf. anteilig im Stillstand, $Q_{w,f} = Q_{w,outg} + Q_{w,g}$ = Endenergiebedarf

12.9 Endenergie Warmwasserbereitung

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

$Q_{w,outg}$	kWh	1.531	1.582	1.532	1.583	1.583	1.430	1.583	18.631
--------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

$Q_{w,f}$	kWh	659	681	659	681	681	616	681	8.020
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

$W_{w,f}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
-----------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---

Strom-Mix	kWh	380	393	380	393	393	355	393	4.623
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

eco-Strom	kWh	279	289	279	289	289	261	289	3.396
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

$Q_{I,w,<4>}$	kWh/d	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
---------------	-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

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

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

Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_I werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

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

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

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m ³ /h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
1 Klassenzimmer	15,3	5,0	4308	18,7	39,1
2 Büro	2,0	0,5	285	1,2	3,7
3 Besprechung	3,5	6,6	525	2,3	12,4
4 Sanitär	0,6	2,3	184	0,8	3,7
5 Verkehrsfläche	9,5	1,2	1382	6,0	16,8
6 Sonstiges	0,5	0,4	143	0,6	1,6

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

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

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

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

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

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

13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Fußbodenheizung Nasssystem		*	101.274	77,3	38,0
2					
* = 1/2/3/4/5/6/					

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

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,b,<1>}	kWh	1.831	6.750	15.852	21.611	19.987	16.656	11.083	101.274

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

13.3 Heizzeiten

(1) Bereich "Fußbodenheizung Nasssystem", Leitzone 2 Büro

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t _h <2>	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.463
t _{h,rL,d} <2>	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
d _{h,rB} <2>	d/m	21	23	24	26	26	23	25	268
t _{h,rL} <2>	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.971

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

13.4 Heizwärmeübergabe

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

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

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

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\theta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (13,1%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Fußbodenheizung Nasssystem									
Q _{h,b}	kWh	1.831	6.750	15.852	21.611	19.987	16.656	11.083	101.274
Q _{h,ce}	kWh	577	1.239	1.979	2.269	2.109	1.840	1.435	13.260

$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	2.407	7.988	17.831	23.880	22.096	18.496	12.518	114.534
---------------------	-----	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	---------

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

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

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta \vartheta_{ce}$ (Tab.9 ff) für hydraulischen Abgleich, Übergabesystem,

Raumtemperaturregelung,

Übertemperatur, spezifische Wärmeverluste der Außenbauteile, Strahlungswirkung, intermittierenden Heizbetrieb und Gebäudeautomation

13.5 Heizwärmeverteilung

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3

Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

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

Etagenverteilt, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 2332,8$

m², Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse.

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

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 74 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) Fußbodenheizung Nasssystem			
Leitungslängen l_i	333,5 m	48,6 m	- m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\vartheta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

Mittlere Heizkreistemperaturen $\vartheta_{VL,av}$ (Vorlauf) und $\vartheta_{RL,av}$ (Rücklauf), Verluste der Verteilung

$Q_{h,d}$, daraus resultierende, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{i,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Fußbodenheizung Nasssystem								
$\beta_{h,d}$	0,04	0,14	0,32	0,42	0,38	0,36	0,22	
$\vartheta_{VL,av}$	°C 21,8	23,3	26,0	27,3	26,9	26,5	24,5	
$\vartheta_{RL,av}$	°C 21,4	22,2	23,5	24,1	23,9	23,7	22,8	
$Q_{h,d}$	kWh 161	210	327	425	411	348	294	2.377
$W_{h,d}$	kWh -	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh 5	10	23	33	31	25	18	169

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 2,1\%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{i,h,d} = 0,1\%$

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

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

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

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

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

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

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

13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	2.568	8.199	18.158	24.305	22.507	18.844	12.813	116.911

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

13.7 Heizwärmepufferspeicher

nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

13.9 Heizungsärmepumpen

Heizbereiche (1)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010 für Heizung und WW, 80,3 kW
 Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d

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

Die Leistungszahlen (COP) werden für die planmäßige Vorlauftemperatur 35,0 °C und stundenanteilig für die Temperaturklassen -7 / 2 / 7 / 20 °C korrigiert

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

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

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

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

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

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

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

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl_{Hzg} = 3,29

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	2.568	8.199	18.158	24.305	22.507	18.844	12.813	116.911
COP		4,44	3,82	3,49	3,26	3,29	3,30	3,51	
$t_{ON,g,d}$	h/d	1,0	3,4	8,3	11,6	10,8	9,8	5,7	
$Q_{h,f}$	kWh	674	2.282	5.381	7.658	7.121	5.906	3.827	35.501
$Q_{h,in}$	kWh	1.893	5.917	12.777	16.647	15.386	12.939	8.986	81.410

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1)

(1) "Fußbodenheizung Nasssystem", Zonen 1/2/3/4/5/6 ($A_{NGF} = 1.341 \text{ m}^2$)

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	674	2.282	5.381	7.658	7.121	5.906	3.827	35.501
W_h	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

eco-Strom	kWh	674	2.282	5.381	7.658	7.121	5.906	3.827	35.501
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	0,1	0,1	0,3	0,5	0,4	0,4	0,2	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	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	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	
$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

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

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

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

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelte Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen

Stromangebot aus Photovoltaikanlage nach DIN V 18599-9:2018

Peakleistung 16 kWp, quadratmeterbezogen $16 / (1340,6) = 0,012 \text{ kWp/m}^2$

PV-Module Süd 30 ° Standort Deutschland (Potsdam)

Strom im örtlichen Zusammenhang erzeugt, vorrangig im Gebäude genutzt

Strombedarf für Heizwärme Warmwasser Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	2.842	4.558	7.634	10.047	9.440	7.960	6.063	62.056
Stromangebot	kWh	1.221	884	319	209	402	399	972	13.085
anrechenbar	kWh	1.221	884	319	209	402	399	972	13.085

Jahres-Stromproduktion = 13.086 kWh/a, Strombedarf = 62.056 kWh/a, anrechenbar = 13.085 kWh/a

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
eco-Strom	Heizwärme	*	35.501	1,80	1,00	63.903
Strom-Mix	Warmwasser	4/	4.623	1,80	1,00	8.322
eco-Strom	Warmwasser	4/	3.396	1,80	1,00	6.114
Strom-Mix	Beleuchtung	**	7.456	1,80	1,00	13.422
Strom-Mix	Hilfsenergie		11.078	1,80	1,00	19.940
Strom-Mix	Stromgutschrift		-13.086	1,80	1,00	-23.554
$\Sigma \text{ [kWh/Jahr]}$			48.970			88.147

* = 1/2/3/4/5/6/

** = 1/2/3/4/5/6/

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 88.147 / 1.341 = 65,8 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ ($\Sigma A_{NGF} = 1.341 \text{ m}^2$)

Endenergie (brennwertbezogen) = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 8,3 kWh/(m²a), eco-Strom 29,0 kWh/(m²a), Strom-Mix 9,0

kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -9,8 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO₂)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO ₂ /kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m² a)
eco-Strom	35.501	560	19.881	
Strom-Mix	4.623	560	2.589	
eco-Strom	3.396	560	1.902	
Strom-Mix	7.456	560	4.176	
Strom-Mix	11.078	560	6.204	
Strom aus PV	-	560	-7.328	
	62.054		27.423	20,5

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen
 Gutschrift für PV-Strom = - 34751,2 / 62054,0 * 13086 = -7.328 kWh/a (GEG A9, Abs.1g)

14.3 Endenergiebedarf nach Zonen

siehe Abschnitt Zone		RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
1 Klassenzimmer	579	-	1.658	-	-	12.401	14.059
2 Büro	95	-	807	-	-	1.243	2.050
3 Besprechung	175	-	1.774	-	-	9.771	11.544
4 Sanitär	61	-	337	-	8.016	3.854	12.206
5 Verkehrsfläche	393	-	2.584	-	-	7.282	9.866
6 Sonstiges	36	-	298	-	-	950	1.247
Gebäude	1.341	-	7.456	-	8.020	35.501	50.977

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

	RLT kWh/m² a	Beleucht. kWh/m² a	Klima kWh/m² a	Warmwasser kWh/m² a	Heizung kWh/m² a	Summe kWh/m² a
Nutzenergiebedarf	8,3	5,6	0,0	13,8	75,5	103,1
Endenergiebedarf	8,3	5,6	0,0	6,0	26,5	46,3
Primärenergiebedarf	14,9	10,0	0,0	10,8	47,7	83,3

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

15.0 Nachweise

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

15.1 Nachweis der thermischen Hülle

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

15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 18
 zul $q_{P,REF}$ = 175,8 kWh/(m²a), aus der Referenzberechnung
 zul q_P = 175,8 - 25% = 131,9 kWh/(m²a), geforderte Unterschreitung nach GEG §18

$$\text{vorh } q_P = 88.147 / 1340,6 = 65,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

vorh $q_P = 65,8 \leq 131,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, **Grenzwert wird eingehalten**

15.3 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**

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien

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

Nachweis für privat genutzte Gebäude
Wärme- und Kälteenergiebedarf = $43521 + 0 + 92020 + 0 = 135.542 \text{ kWh/Jahr}$ (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmennutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil		Nutzungs- anteil
		erzielt	gefordert	
Umweltenergie [WW-WP] [Hzg]	130.918	96,6 %	50,0 %	193,2 %
PV-Strom [PV-Strom]	13.085	9,7 %	15,0 %	64,7 %
				257,9 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

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

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs- anteil
				erzielt	gefordert	
HT' - Wert	W/ (m ² K)	0,54	0,37	30,7 %	15,0 %	204,9 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 462,8 % $\geq$ Nutzungspflichtanteil = 100 %

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

20.0 Bundesförderprogramme (BEG)

Bundesförderprogramme für den Neubau von Nichtwohngebäuden

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

Referenzberechnung = "Gebäude-Referenz2020"

Endenergieeinsparung	109.182 kWh/a
Primärenergieeinsparung	88.628 kWh/a
CO ₂ -Einsparung	16.599 kg/a

Primärenergiebedarf	-----	mittlere U-Werte	-----
$Q_{P'}$	Opake Fenster	Vorh.	Oberl.
kWh/ (m ² a)	W/ (m ² K)	W/ (m ² K)	W/ (m ² K)

Referenzberechnung	100 %	175,8					
erreicht $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	37 %	65,8	0,18	1,00		1,60	
Effizienzgebäude 55	55 %	96,7	0,22	1,20	1,20	2,00	OK
Effizienzgebäude 40	40 %	70,3	0,18	1,00	1,00	1,60	OK

EE-Paket NWG (Nutzung Erneuerbarer Energien)

vorhandene Nutzung erneuerbarer Energien im Gebäude durch die Prozesse: Umweltenergie [WW-WP]
[Htg-WP] + PV-Strom [PV-Strom]

$EE_{\text{genutzt}} = 101.579 \text{ kWh/Jahr}$

$EE_{\text{Soll}} = 0,55 \cdot 135542 = 74.548 \text{ kWh/Jahr}$ (55% des Wärme- und Kältebedarfs)

$EE_{\text{genutzt}} \geq EE_{\text{Soll}}$ (55%), die Anforderung für das EE-Paket **wird erfüllt**

NH-Paket (Nachhaltigkeitszertifikat)

Eine anerkannte Nachhaltigkeitszertifizierung nach BMI **liegt vor**

Das Förderniveau **Effizienzgebäude 40 EE NH** wird erreicht.

5. Referenzgebäude

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: Erweiterung der Maria Frieden Grundschule

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

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

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

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

DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

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

Gebäudeberechnung "Gebäude-Referenz2020"

Nachweisverfahren

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

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

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

1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

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

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	A_{NGF} m ²	V_i m ³
1 Klassenzimmer	208 Klassenzimme	200	19,5	17,2	579	1703
2 Büro	201 Einzelbüro	250	19,9	17,3	95	244
3 Besprechung	204 Besprechung,	250	19,9	17,3	175	449
4 Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,6	61	157
5 Verkehrsfläche	219 Verkehrsfläc	250	19,9	17,2	393	1181
6 Sonstiges	217 Sonstige Auf	250	19,9	17,4	36	122
					1.341	3.855

Gebäude, $A_{NGF} = 1340,6 \text{ m}^2$, $n_G = 2$ Geschosse

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

2.0 Transmissionswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2

Begrenzung der U-Werte (U_{max} -Nachweis) GEG § 19

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W / (m ² K)	F_x	Anmerkungen	H_T W / K
------------	------	---------------------	-----------------------------	-------	-------------	----------------

1 Klassenzimmer							
Außenwand Sockel Ost	1:0	1,3	0,280	1,00	FAW	51 02	0,4
Fenster Ost	1:0	80,5	1,300	1,00	FF	51 02	104,7
Außenwand neu Ost	1:0	66,0	0,280	1,00	FAW	51 02	18,5
Außenwand Sockel Süd	1:0	5,3	0,280	1,00	FAW	51 02	1,5
Fenster Süd	1:0	74,7	1,300	1,00	FF	51 02	97,1
Außenwand neu Süd	1:0	116,0	0,280	1,00	FAW	51 02	32,5
Außenwand Sockel West	1:0	0,6	0,280	1,00	FAW	51 02	0,2
Fenster West	1:0	86,1	1,300	1,00	FF	51 02	111,9
Außenwand neu West	1:0	54,4	0,280	1,00	FAW	51 02	15,2
Decke-Kriechkeller Neu	1:0	154,4	0,280	1,00	FD	51 02	43,2
Flachdach Neu	1:0	661,3	0,200	1,00	FD	51 02	132,3
Bodenplatte Neubau	1:0	175,2	0,350	0,65	FG	51 25 14	39,9
2 Büro							
Außenwand Sockel Süd	2:0	1,1	0,280	1,00	FAW	51 02	0,3
Fenster Süd	2:0	29,8	1,300	1,00	FF	51 02	38,7
Außenwand neu Süd	2:0	16,7	0,280	1,00	FAW	51 02	4,7
Decke-Kriechkeller Neu	2:0	106,5	0,280	1,00	FD	51 02	29,8
3 Besprechung							
Außenwand Sockel Ost	3:0	0,6	0,280	1,00	FAW	51 02	0,2
Fenster Ost	3:0	38,2	1,300	1,00	FF	51 02	49,6
Außenwand neu Ost	3:0	18,2	0,280	1,00	FAW	51 02	5,1
Außenwand Sockel Süd	3:0	5,3	0,280	1,00	FAW	51 02	1,5
Außenwand neu Süd	3:0	24,0	0,280	1,00	FAW	51 02	6,7
Außenwand Sockel West	3:0	0,2	0,280	1,00	FAW	51 02	0,1
Fenster West	3:0	9,9	1,300	1,00	FF	51 02	12,8
Außenwand neu West	3:0	5,0	0,280	1,00	FAW	51 02	1,4
Decke-Kriechkeller Neu	3:0	195,4	0,280	1,00	FD	51 02	54,7
4 Sanitär							
Decke-Kriechkeller Neu	4:0	72,8	0,280	1,00	FD	51 02	20,4
5 Verkehrsfläche							
Außenwand Sockel Ost	5:0	0,6	0,280	1,00	FAW	51 02	0,2
Fenster Ost	5:0	3,6	1,300	1,00	FF	51 02	4,7
Außentür Ost	5:0	4,9	1,800	1,00	FAW	51 02 09	8,9
Außenwand neu Ost	5:0	23,6	0,280	1,00	FAW	51 02	6,6
Außenwand Sockel Süd	5:0	0,1	0,280	1,00	FAW	51 02	0,0
Außentür Süd	5:0	8,5	1,800	1,00	FAW	51 02 09	15,3
Außenwand neu Süd	5:0	5,9	0,280	1,00	FAW	51 02	1,7
Decke-Kriechkeller Neu	5:0	163,6	0,280	1,00	FD	51 02	45,8
Bodenplatte Neubau	5:0	94,8	0,350	0,65	FG	51 25 14	21,6
Glasdach	5:0	116,2	2,700 ##	1,00	FF	51 71 02	313,7
Flachdach Neu	5:0	156,6	0,200	1,00	FD	51 02	31,3
6 Sonstiges							
Decke-Kriechkeller Neu	6:0	66,3	0,280	1,00	FD	51 02	18,6
$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 2.644,3$				$\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 1.291,7$			

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 175,20 / 29,07 = 6,03 \text{ m}$
 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).
- 09 Außentür
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 25 F_X -Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von $0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ pauschal berücksichtigt.

71 Glasdach

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

 $H_{T,WB} = 132,2 \text{ W/K}$ (10,2 %, 0,050 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"**2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten**

Transferkoeffizienten Transmission	$H_{T,D}$ W/K	$H_{T,s}$ W/K	$H_{T,iu}$ W/K	ΣH_T W/K	$H_{T,iz}$ W/K	$H_{T,zi}$ W/K
1 Klassenzimmer	631	0	40	671	0	0
2 Büro	81	0	0	81	0	0
3 Besprechung	147	0	0	147	0	0
4 Sanitär	24	0	0	24	0	0
5 Verkehrsfläche	457	0	22	479	0	0
6 Sonstiges	22	0	0	22	0	0
	1362		61	1424		

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

 $H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.423,9 / 2.644,3 = 0,54 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ **2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)**

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

1 Hüllflächengruppen mit ungenügendem U-Wert (## - Markierung, NWG):

	opake Bauteile [W/(m²K)]	Fenster [W/(m²K)]	Vorhangf. [W/(m²K)]	Oberl. [W/(m²K)]
U_{max} $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,28	1,50	1,50	2,50
U_{max} $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,50	2,80	3,00	3,10
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,25	1,30		2,70

kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 2,70 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 2,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} + 8,0\%$ **3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)**Gebäudedichtheit Regelwert, mit RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (Referenzwert, Kat.I), $n_{50} = 1,00 \text{ h}^{-1}$ Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 2 \cdot 2644 / 3855 = 1,37$ (Gl.68)

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

 $e_{wind} = 0,07$ $f_{wind} = 15$ (EN ISO 13790 Tab.G4)

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (Anlagenautomation mit Präsenzmeldern) für die Zonen 1 Klassenzimmer, 3 Besprechung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Luftwechsel Fenster Lüftungsanlage

Zone	ALD	n50 h ⁻¹	V _A /V _{dc} m ³ / (m ² h)	n _{nutz} h ⁻¹	n _{inf} h ⁻¹	n _{win} h ⁻¹	n _{m, ZUL} h ⁻¹	t _{v, m} h/d
1 Klassenzimmer	-	1,73	9,25	3,15	0,12	0,29	2,53	9
2 Büro	-	1,26	4,00	1,56	0,09	0,26	1,17	13
3 Besprechung	-	1,32	8,75	3,42	0,09	1,26	1,17	13
4 Sanitär	-	0,93	15,00	5,86	0,06	2,59	1,17	13
5 Verkehrsfläche	-	0,98	0,00	0,00	0,07	0,10	1,17	13
6 Sonstiges	-	1,09	7,00	2,09	0,08	0,54	1,17	13

⇒ WE-Betrieb ...

1 Klassenzimmer			0,00	0,00	0,12	0,10		
2 Büro			0,00	0,00	0,09	0,10		
3 Besprechung			0,00	0,00	0,09	0,10		
4 Sanitär			0,00	0,00	0,06	0,10		
5 Verkehrsfläche			0,00	0,00	0,07	0,10		
6 Sonstiges			0,00	0,00	0,08	0,10		

Zone <1> RLT-Anlage (202) mit V_{SUP}/ETA = 4311 / 4311 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60Zone <2> RLT-Anlage (202) mit V_{SUP}/ETA = 285 / 285 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60Zone <3> RLT-Anlage (202) mit V_{SUP}/ETA = 525 / 525 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60Zone <4> RLT-Anlage (202) mit V_{SUP}/ETA = 184 / 184 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60Zone <5> RLT-Anlage (202) mit V_{SUP}/ETA = 1381 / 1381 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60Zone <6> RLT-Anlage (202) mit V_{SUP}/ETA = 143 / 143 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60n₅₀ = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz, V_A = Mindest-Außenluftvolumenstromn_{nutz} = Mindestaußenluftwechsel = V_A * ANGF / V während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)n_{inf} = Infiltrationsluftwechsel = n₅₀ * e_{wind} * f_{ATD} mit f_{ATD} = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLTn_{inf} = n₅₀ * e_{wind} * f_{ATD} * (1 + (1 - f_e) * t_{v, mech} / 24) mit f_e = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = n_{win, min} + Δn_{win} * t_{nutz} / 24, mit RLT = n_{win, min} + Δn_{win, mech} * t_{v, mech} / 24
mit n_{win, min} = 0.1, in Wohngebäuden n_{win, min} = saisonal nach Gl.77Δn_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) * n_{inf} - 0.1 (ohne RLT), falls n_{nutz} > 1.2 ⇒ Δn_{win} = n_{nutz} - n_{inf} - 0.1n_{mech} = n_{mech, ZUL} = Zuluft-Luftwechselzahl mechanisch während der NutzungsstundenHinweis: n_{inf} und n_{win} sind die Luftwechsel im Tagesmittel (Nutzungs- und Nichtnutzungsstunden)Volumenströme V_{mech} und V* (Auslegung, zonenweise) siehe Abschnitt "RLT-Systeme"

Transferkoeffizienten Lüftung	V m ³	H _{v, z, Jan} W/K	H _{v, inf} W/K	H _{v, win} W/K	Σ H _v W/K	H _{v, mech} W/K	θ _{v, Jan} °C
1 Klassenzimmer	1.703	0	70	170	240	549	15,2
2 Büro	244	0	7	21	29	52	15,2
3 Besprechung	449	0	14	193	207	97	15,2
4 Sanitär	157	0	3	138	142	34	15,2
5 Verkehrsfläche	1.181	0	28	40	68	254	15,2
6 Sonstiges	122	0	3	23	26	26	15,2
		0	126	585	711	1013	

⇒ WE-Betrieb ...

1 Klassenzimmer		0	70	58	128		
2 Büro		0	7	8	16		
3 Besprechung		0	14	15	29		
4 Sanitär		0	3	5	9		
5 Verkehrsfläche		0	28	40	68		
6 Sonstiges		0	3	4	7		
		0	126	131	257		

H_{v, z} = V * 0.34 [W/K] = Wärmetransferkoeffizient Lüftung zu angrenzenden Zonen, monatlich, temperaturgewichtetH_v = Wärmetransferkoeffizient Lüftung = n * V * c_{p, a} * ρ_a = n * V * 0.34 [W/K]H_{v, win, ohne RLT} = f_{win, seasonal} * H_{v, win} = (0.04 * θ_e + 0.8) * H_{v, win} [W/K] (Fensterlüftung saisonal)Σ 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

4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster

Bauliche Verschattung F_S aus Horizontwinkel α_h , Überhangwinkel α_o und Seitenwinkel α_f
 Abminderungsfaktoren $F_S = 0.90$ nach GEG §25, vereinfacht

Kollektorfläche	Zone	Ag m²	IS, Jan/Jul W/m²	geff, Jan/Jul %			QS, Jan/Jul kWh/d
Fenster Ost	1	56,38	25/ 138	44/	44	7100	14,8/ 81,7
Fenster Süd	1	52,29	59/ 113	44/	44	"	32,4/ 62,0
Fenster West	1	60,27	17/ 117	44/	44	"	10,7/ 74,0
Fenster Süd	2	20,85	59/ 113	44/	44	"	12,9/ 24,7
Fenster Ost	3	26,71	25/ 138	44/	44	"	7,0/ 38,7
Fenster West	3	6,91	17/ 117	44/	44	"	1,2/ 8,5
Fenster Ost	5	2,55	25/ 138	44/	44	"	0,7/ 3,7
Glasdach	5	81,34	29/ 210	46/	46	"	26,0/188,3
		307,30					106/ 482

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

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

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

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

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

a_{w_i} / a_{s_0} = Parameter (0..1) für die zeitliche Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung nach Tab A.4 / A.5

4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/ (m ² K)	α	h_r W/ (m ² K)	$I_{S, \text{Jul}}$ W/m ²	$Q_{S, \text{Jul}}$ kWh/d
Außenwand Sockel Os	O 1	1,3	0,28	0,50	4,50	138	0,0
Außenwand neu Ost	O 1	66,0	0,28	0,50	4,50	138	0,8
Außenwand Sockel Sü	S 1	5,3	0,28	0,50	4,50	113	0,0
Außenwand neu Süd	S 1	116,0	0,28	0,50	4,50	113	1,1
Außenwand Sockel We	W 1	0,6	0,28	0,50	4,50	117	0,0
Außenwand neu West	W 1	54,4	0,28	0,50	4,50	117	0,5
Decke-Kriechkeller	- 1	154,4	0,28	0,50	4,50	210	2,5
Flachdach Neu	- 1	661,3	0,20	0,50	4,50	210	7,6
Außenwand Sockel Sü	S 2	1,1	0,28	0,50	4,50	113	0,0
Außenwand neu Süd	S 2	16,7	0,28	0,50	4,50	113	0,2
Decke-Kriechkeller	- 2	106,5	0,28	0,50	4,50	210	1,7
Außenwand Sockel Os	O 3	0,6	0,28	0,50	4,50	138	0,0
Außenwand neu Ost	O 3	18,2	0,28	0,50	4,50	138	0,2
Außenwand Sockel Sü	S 3	5,3	0,28	0,50	4,50	113	0,0
Außenwand neu Süd	S 3	24,0	0,28	0,50	4,50	113	0,2
Außenwand Sockel We	W 3	0,2	0,28	0,50	4,50	117	0,0
Außenwand neu West	W 3	5,0	0,28	0,50	4,50	117	0,0

Decke-Kriechkeller	-	3	195,4	0,28	0,50	4,50	210	3,2
Decke-Kriechkeller	-	4	72,8	0,28	0,50	4,50	210	1,2
Außenwand Sockel Os	O	5	0,6	0,28	0,50	4,50	138	0,0
Außentür Ost	O	5	4,9	1,80	0,50	4,50	138	0,4
Außenwand neu Ost	O	5	23,6	0,28	0,50	4,50	138	0,3
Außenwand Sockel Sü	S	5	0,1	0,28	0,50	4,50	113	0,0
Außentür Süd	S	5	8,5	1,80	0,50	4,50	113	0,5
Außenwand neu Süd	S	5	5,9	0,28	0,50	4,50	210	0,1
Decke-Kriechkeller	-	5	163,6	0,28	0,50	4,50	210	2,6
Flachdach Neu	-	5	156,6	0,20	0,50	4,50	210	1,8
Decke-Kriechkeller	-	6	66,3	0,28	0,50	4,50	210	1,1

1.935,2

26,2

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

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

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

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

 h_r = äußerer Abstrahlungskoeffizient, Regelwert = 5 * Emissionsgrad = 5 * 0.8 = 4 W/(m²K)

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

4.3 solare Warmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
1 Klassenzimme	4.999	3.735	1.358	929	1.796	1.628	4.092	53.120
2 Büro	808	719	256	197	400	288	665	7.638
3 Besprechung	870	584	210	129	256	276	726	10.158
4 Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Verkehrsfläc	3.483	2.186	850	482	827	1.126	2.752	40.807
6 Sonstiges	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
1 Klassenzimme	150	34	-	-	7	1	55	2.186
2 Büro	21	5	-	-	1	0	7	323
3 Besprechung	42	8	-	-	2	0	14	634
4 Sanitär	11	-	-	-	-	-	2	190
5 Verkehrsfläc	68	16	-	-	3	0	26	994
6 Sonstiges	10	-	-	-	-	-	2	173
	10.461	7.287	2.674	1.738	3.292	3.321	8.342	116.222

5.0 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 Klassenzimmer	579	57,9	11,6	0,0	69,5
2 Büro	95	2,9	4,1	0,0	6,9
3 Besprechung	175	16,3	1,4	0,0	17,7
4 Sanitär	61	-	-	0,0	0,0
5 Verkehrsfläche	393	-	-	0,0	0,0
6 Sonstiges	36	3,4	0,3	0,0	3,7
⇒ WE-Betrieb ...					
1 Klassenzimmer		-	-	0,0	0,0
2 Büro		-	-	0,0	0,0
3 Besprechung		-	-	0,0	0,0
4 Sanitär		-	-	0,0	0,0
5 Verkehrsfläche		-	-	0,0	0,0

6 Sonstiges - - 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 Klassenzimmer	0,0	20,7	10,6	0,0	0,0
2 Büro	0,0	8,2	1,7	0,0	0,0
3 Besprechung	0,0	13,0	3,2	0,0	0,0
4 Sanitär	0,0	3,9	1,1	0,8	0,0
5 Verkehrsfläche	0,0	14,0	7,2	0,0	0,0
6 Sonstiges	0,0	2,3	0,7	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

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

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

Zone	ΣH_T W/K	ΣH_V W/K	$\Sigma H_{V,mech}$ W/K	Q_{sink} kWh/d	Q_{source} kWh/d	γ
1 Klassenzimmer	671	240	549	497	161	0,324
2 Büro	81	29	52	64	30	0,473
3 Besprechung	147	207	97	179	43	0,241
4 Sanitär	24	142	34	81	6	0,077
5 Verkehrsfläche	479	68	254	293	49	0,167
6 Sonstiges	22	26	26	26	7	0,260

Zone	C_{wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
1 Klassenzimmer	50	1461	19,83	2,24	0,944	0,995
2 Büro	50	162	29,29	2,83	0,933	0,992
3 Besprechung	50	450	19,45	2,22	0,967	1,000
4 Sanitär	50	199	15,39	1,96	0,994	1,000
5 Verkehrsfläche	50	801	24,55	2,53	0,991	0,998
6 Sonstiges	50	74	24,65	2,54	0,976	1,000

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

ΣH_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

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

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

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

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

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

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

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

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

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

Temperaturrandbedingungen

Außentemperaturen T_e im Monatsmittel für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"
 Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

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

7.1 Zone 1 Klassenzimmer

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen η_{source} siehe Abs.6.0

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

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

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5$ °C und $Q_I = 69,5$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,636	0,777	0,937	0,959	0,944	0,942	0,853	0,678
$\eta_{\text{source, WE}}$		0,555	0,886	0,996	0,999	0,995	0,995	0,933	0,667
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.319	513	497	513	513	464	513	8.959
t_h	h	316	744	720	744	744	672	744	5.266
$Q_{h,b,RE}$	kWh	697	1.926	4.658	6.297	5.858	4.985	3.443	30.648
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	482	2.450	3.427	3.005	2.529	1.246	13.140
Q_T	kWh	2.829	5.017	7.135	8.769	8.725	7.526	7.111	58.838
Q_V	kWh	683	1.721	2.754	3.530	3.474	2.969	2.669	19.491
Q_S^*	kWh	3.085	3.115	1.309	908	1.744	1.573	3.688	29.246
Q_I^*	kWh	926	1.249	1.637	1.881	1.764	1.524	1.403	13.368

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

7.2 Zone 2 Büro

Regelbetrieb (68,5%)

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

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}		0,408	0,791	0,943	0,954	0,933	0,935	0,828	0,636
$\eta_{source,WE}$		0,485	0,858	0,998	0,999	0,992	0,994	0,914	0,653
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	193	82	84	84	76	84	1.051
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.361
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	196	569	812	695	631	379	3.458
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	141	224	159	150	22	697
Q_T	kWh	355	629	895	1.100	1.094	944	892	7.381
Q_V	kWh	99	235	370	471	465	398	360	2.678
Q_S^*	kWh	358	588	246	191	382	275	575	4.295
Q_I^*	kWh	120	261	334	378	350	304	276	2.568

7.3 Zone 3 Besprechung

Regelbetrieb (68,5%)

 mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9\text{ °C}$ und $Q_I = 17,7\text{ kWh/d}$

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}		0,687	0,895	0,959	0,972	0,967	0,963	0,923	0,723
$\eta_{source,WE}$		0,779	0,984	1,000	1,000	1,000	0,999	0,982	0,711
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	155	150	155	155	140	155	1.470
t_h	h	449	744	720	744	744	672	744	5.820
$Q_{h,b,RE}$	kWh	231	1.234	2.332	3.032	2.946	2.493	1.995	15.592
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	51	341	488	441	355	161	1.838
Q_T	kWh	641	1.137	1.617	1.987	1.977	1.705	1.611	13.332
Q_V	kWh	663	1.284	1.892	2.356	2.337	2.009	1.870	14.917
Q_S^*	kWh	653	546	204	127	251	270	697	6.047
Q_I^*	kWh	425	600	681	761	727	632	628	5.876

7.4 Zone 4 Sanitär

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,980	0,989	0,993	0,994	0,994	0,994	0,993	0,972
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	30	53	53	54	54	49	54	495
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	7.149
$Q_{h,b,RE}$	kWh	434	889	1.307	1.621	1.609	1.383	1.288	10.115
$Q_{h,b,WE}$	kWh	8	21	56	79	77	64	48	365
Q_T	kWh	105	187	265	326	324	280	264	2.188
Q_V	kWh	446	829	1.202	1.488	1.478	1.273	1.192	9.672

Q _S [*]	kWh	11	-	-	-	-	-	2	183
Q _I [*]	kWh	98	109	121	136	134	118	119	1.314

7.5 Zone 5 Verkehrsfläche

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}		0,670	0,901	0,987	0,995	0,991	0,984	0,924	0,690
$\eta_{source,WE}$		0,556	0,919	0,997	1,000	0,998	0,994	0,937	0,659
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	608	348	337	348	348	315	348	4.375
t_h	h	407	744	720	744	744	672	744	5.388
Q _{h,b,RE}	kWh	457	1.927	4.159	5.505	5.251	4.265	2.964	25.970
Q _{h,b,WE}	kWh	-	207	1.085	1.567	1.445	1.104	508	5.916
Q _T	kWh	2.087	3.701	5.264	6.469	6.437	5.552	5.246	43.406
Q _V	kWh	246	720	1.197	1.552	1.525	1.299	1.152	8.068
Q _S [*]	kWh	2.251	1.997	841	481	824	1.112	2.577	20.233
Q _I [*]	kWh	181	306	449	565	517	422	348	3.255

7.6 Zone 6 Sonstiges

Regelbetrieb (68,5%)

 mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9\text{ °C}$ und $Q_I = 3,7\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,829	0,933	0,967	0,976	0,976	0,974	0,965	0,897
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	19	32	31	32	32	29	32	305
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.530
Q _{h,b,RE}	kWh	53	195	333	432	426	361	315	2.333
Q _{h,b,WE}	kWh	14	32	63	83	82	69	57	431
Q _T	kWh	96	170	241	297	295	255	241	1.991
Q _V	kWh	84	179	273	343	340	291	267	2.062
Q _S [*]	kWh	9	-	-	-	-	-	2	154
Q _I [*]	kWh	104	125	134	145	144	128	134	1.441

7.7 Summe Heizwärmebedarf

	Q _T kWh/a	Q _V kWh/a	Q _S [*] kWh/a	Q _I [*] kWh/a	Q _{h,b} kWh/a	Q _{h,b} kWh/(m ² a)
1 Klassenzimmer	58.838	19.491	29.246	13.368	43.788	75,6
2 Büro	7.381	2.678	4.295	2.568	4.155	43,7
3 Besprechung	13.332	14.917	6.047	5.876	17.430	99,5
4 Sanitär	2.188	9.672	183	1.314	10.479	170,8
5 Verkehrsfläche	43.406	8.068	20.233	3.255	31.887	81,1
6 Sonstiges	1.991	2.062	154	1.441	2.764	75,8
	127.135	56.888	60.157	27.821	110.502	82,4

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

9.1 Gewählte RLT-Anlagen

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

Zone	Feuchteanf.	No	Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ °C
1 Klassenzimmer	mT	202	RLT-Anlage	VE rec60	15,2
2 Büro	mT	202	RLT-Anlage	VE rec60	15,2
3 Besprechung	mT	202	RLT-Anlage	VE rec60	15,2
4 Sanitär	-	202	RLT-Anlage	VE rec60	15,2
5 Verkehrsfläche	-	202	RLT-Anlage	VE rec60	15,2
6 Sonstiges	mT	202	RLT-Anlage	VE rec60	15,2

Zone <1> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 4311 / 4311 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <2> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 285 / 285 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <3> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 525 / 525 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <4> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 184 / 184 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <5> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 1381 / 1381 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <6> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 143 / 143 \text{ m}^3/\text{h}$, 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 = Verdunstungsbeefeuchter / Dampfbeefeuchter

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

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

9.2 Strombedarf der Ventilatoren

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_V \cdot d_V$ h/m	P_V, SUP kW	P_V, ETA kW	W_V, Jan kWh
1 Klassenzimmer	4311	153	1,80	1,20	458
2 Büro	285	276	0,12	0,08	55
3 Besprechung	525	276	0,22	0,15	101
4 Sanitär	184	276	0,08	0,05	35
5 Verkehrsfläche	1381	276	0,58	0,38	265
6 Sonstiges	143	276	0,06	0,04	27

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
1 Klassenzimmer	443	458	443	458	458	413	458	5.387
2 Büro	53	55	53	55	55	49	55	643
3 Besprechung	97	101	97	101	101	91	101	1.186
4 Sanitär	34	35	34	35	35	32	35	416
5 Verkehrsfläche	256	265	256	265	265	239	265	3.120
6 Sonstiges	26	27	26	27	27	25	27	322
	910	941	910	941	941	850	941	11.074

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

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

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

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

nicht vorgesehen

9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

nicht vorgesehen

9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (7), mit Dachoberlichtern (1)

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 <1> Fassade Süd	Süd 1	300	259,4	81,2	mittel	83
2 <1> Fassade West	West 1	300	296,2	92,7	mittel	82
3 <1> Fassade Ost	Ost 1	300	235,4	73,7	mittel	82
4 <2> Fassade Süd	Süd 2	500	72,9	22,8	mittel	74
5 <3> Fassade West	West 3	500	33,5	10,5	mittel	71
6 <3> Fassade Ost	Ost 3	500	93,4	29,2	mittel	71
8 <5> Fassade Ost	Ost 5	100	8,9	2,8	gut	86

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
7 <5> DOB -	5	100	1394,4	116,2	keine	83

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	A_{NGF} [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
1 Klassenzimmer	579	791	-212
2 Büro	95	73	22
3 Besprechung	175	127	48
4 Sanitär	61	-	61
5 Verkehrsfläche	393	1.403	-1.010
6 Sonstiges	36	-	36

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

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

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

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

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

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

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

10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich	C_{TL}	$C_{TL,kon}$	F_{TL}	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun
---------	----------	--------------	----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

					%	%	%	%	%	%
1 <1> Fassade Süd	1	83	70		51	44	38	35	33	32
2 <1> Fassade West	1	82	70		51	44	39	35	33	33
3 <1> Fassade Ost	1	82	70		51	44	39	35	33	33
4 <2> Fassade Süd	2	74	73		54	48	43	39	37	37
5 <3> Fassade West	3	71	73		56	50	45	42	40	39
6 <3> Fassade Ost	3	71	73		56	50	45	42	40	39
7 <5> DOB -	5	83	50		69	62	56	52	49	49
8 <5> Fassade Ost	5	86	55		60	54	50	47	45	45

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

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

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

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

10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (6)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E _m lx	Lampen	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 Klassenzimmer	1	300	1-1-2	9,3	0,88	53	1225	0	391
2 2 Büro	2	500	1-1-2	20,6	0,85	89	2162	176	247
3 3 Besprechung	3	500	1-1-2	18,1	0,53	63	1335	109	275
4 4 Sanitär	4	200	1-1-2	10,6	0,55	0	1399	114	84
5 5 Verkehrsfläche	5	100	1-1-2	5,3	0,24	36	610	50	297
6 6 Sonstiges	6	300	1-1-2	10,9	0,53	0	1335	109	49

1343

1-1-2 (1): stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt / indirekt, A_{KL} = 2.563 m²

Präsenzmelder: Zonen 3/4/5/6/, Konstantlichtregelung: Zonen 2/

10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l,f}

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
1 Klassenzimme	267	317	354	428	352	274	269	3.418
2 Büro	151	164	171	190	173	147	154	1.869
3 Besprechung	241	262	271	301	275	234	246	2.988
4 Sanitär	81	84	81	84	84	76	84	984
5 Verkehrsfläc	239	267	288	332	297	244	247	3.021
6 Sonstiges	47	49	47	49	49	44	49	573
	1.026	1.142	1.211	1.383	1.229	1.019	1.049	12.852

p_j = elektrische Bewertungsleistung = p_{j,lx} * E_m * k_{WF} * k_A * k_L * k_{yB} W/m² (Gl.11)

mit k_{WF} / k_A / k_L / k_{yB} = 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_{l,f} = Σ F_{t,n} * Σ Q_{l,b} = Q_{l,e}, elektr = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)

Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
1 Klassenzimmer	66	314	4,780	50,000	19,83	0,204
2 Büro	8	40	5,102	50,000	29,29	0,194
3 Besprechung	25	80	3,125	50,000	19,45	0,302
4 Sanitär	12	6	0,487	50,000	15,39	0,858
5 Verkehrsfläche	39	208	5,290	50,000	24,55	0,187
6 Sonstiges	3	7	2,055	50,000	24,65	0,443

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
$\Rightarrow Q_{C,b}$ (Raumklima)								
1 Klassenzimmer	64	106	101	462	1.834	3.153	4.143	21.815
2 Büro	17	36	24	116	369	546	645	4.039
3 Besprechung	15	20	21	71	318	654	1.000	4.906
4 Sanitär	0	0	0	1	1	4	10	64
5 Verkehrsfläch	2	4	11	136	1.193	2.679	3.687	15.975
6 Sonstiges	2	2	2	4	10	33	63	345

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{C,b}$ $Q_{C,b} = (1 - \eta) \cdot Q_{\text{source}}$ mit $Q_{\text{source}} = (Q_T + Q_V + Q_S + Q_I)_{\text{source}}$ (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)berechnet mit $\theta_{i,c} = \theta_{i,c,\text{soll}} - 2K$ (T2 Gl.39), c_{wirk} und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.011.2 Maximal erforderliche Kälteleistung $Q_{C,\text{max}}$ $Q_{C,\text{max}}$ nach DIN V 18599-2, Anhang C

Zone	$t_{C,\text{op,d}}$ h/d	$Q_{C,\text{max, Juli}}$ kW	$Q_{C,\text{max, Sept}}$ kW	techn. gekühlt
1 Klassenzimmer	9	66,7	58,7	nein
2 Büro	13	7,1	7,9	nein
3 Besprechung	13	14,6	11,0	nein
4 Sanitär	13	0,7	-0,2	nein
5 Verkehrsfläche	13	38,4	26,6	nein
6 Sonstiges	13	0,7	0,3	nein
		128,2	104,3	

 $Q_{C,\text{max}} = 0.8 \cdot (Q_{\text{source}} - Q_{\text{sink}}) \cdot (1 + 0.3 \cdot \text{EXP}(-\tau/120)) - c_{\text{wirk}}/60 \cdot (\Delta\theta - 2) + c_{\text{wirk}}/40 \cdot (12 / t_{C,1})$ (T2, C.1)mit $t_{C,\text{op,d}}$ = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und $\Delta\theta$ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

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

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

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b, \text{Jan}}$ kWh/M
1 Klassenzimmer	nicht relevant			-

2 Büro	nicht relevant					-
3 Besprechung	nicht relevant					-
4 Sanitär	Schule ohne Dus	0,130	m ² Klassenräu	579	1.598	c
5 Verkehrsfläche	nicht relevant					-
6 Sonstiges	nicht relevant					-

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

c) Flächenbezug ist die Nettogrundfläche ANGf

12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 dezentrale WW-Versorgung	100% 4/	0,98	18.441
2 zentrale WW-Versorgung	100% 4/	0,98	18.441
3			

12.3 Verteilungsnetze

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4

Verteilssystem: dezentral mit Erzeugern

Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4

Verteilssystem: mit Zirkulation, Zirkulationsbetrieb an $z = 11,0$ h/dWärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)mittlere Temperatur des Rohrabschnitts $\theta_{w,av}$ ohne Zirkulation, im Zirkulationsbetrieb $57,5^\circ\text{C}$ (Tab.6)

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom $V = 0,00$ m³/h, $\Delta p = 14,8$ kPa, $P_{hydr} = 0,000$ kPa*m³/h, $e_{w,d,aux} = 1,4$ Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichtlg. (St)	
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4								
Leitungslängen l_i	0 m		0 m		5 m			
Wärmedurchgangskoeffizient U_i					0,255 W/ (mK)			
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$					32,9 °C			
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$					19,9 °C			
(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4								
Leitungslängen l_i	0 m		0 m		9 m			
Wärmedurchgangskoeffizient U_i					0,255 W/ (mK)			
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$					32,9 °C			
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$					19,9 °C			
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4								
$Q_{w,b}$ kWh	1.516	1.566	1.516	1.566	1.566	1.415	1.566	18.441
$Q_{w,d,St}$ kWh	7	7	7	8	8	7	8	88
$Q_{w,d}$ kWh	7	7	7	8	8	7	8	88
$Q_{I,w,d}$ kWh	7	7	7	8	8	7	8	88
Aufteilung $Q_{I,w,d}$: nach Grundflächenanteilen								

Aufteilung $Q_{I,w,d}$: nach Grundflächenanteilen

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4

$Q_{w,b}$	kWh	1.516	1.566	1.516	1.566	1.566	1.415	1.566	18.441
-----------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

$Q_{w,d,St}$	kWh	14	15	15	16	16	14	15	176
--------------	-----	----	----	----	----	----	----	----	-----

$Q_{w,d}$	kWh	14	15	15	16	16	14	15	176
-----------	-----	----	----	----	----	----	----	----	-----

$W_{w,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
-----------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---

$Q_{I,w,d}$	kWh	14	15	15	16	16	14	15	176
-------------	-----	----	----	----	----	----	----	----	-----

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

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

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

12.4 Warmwasserspeicher

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4

nicht vorhanden

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4

indirekt beheizter Speicher, bivalent mit Solarteil, Speichervolumen $V_{aux} = 94$, $V_{sol} = -$ LiterBereitschafts-Wärmeverlust $Q_{s,P0,day} = 0,0$ kWh/dUmgebungstemperatur am Aufstellort θ_l 13,0 °C (Heizperiode), außerhalb der Heizperiode 22,0 °CSpeicher-Wärmeverlust $Q_{w,s} = f_{con} \cdot (55 - T_u) / 45 \cdot d_{op,mth} \cdot Q_{s,P0,day}$ mit $f_{con} = 1,2$ (Gl.25)Speicherladepumpe mit $P_p = 47$ W, Hilfsenergiebedarf $W_{w,s}$ Erzeugernutzwärmeabgabe für Trinkwarmwasserbereitung $Q_{w,outg} = Q_{w,b} + Q_{w,d}$ monatlich

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

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4

$Q_{w,outg}$	kWh	1.530	1.581	1.531	1.582	1.582	1.429	1.582	18.617
--------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

$Q_{w,s}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
-----------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---

$W_{w,s}$	kWh	3	3	3	3	3	3	3	40
-----------	-----	---	---	---	---	---	---	---	----

12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4

Solaranlage (1), Klimaregion 4

Kollektoren mit Apertur $A_C = 22,4$ m², Orientierung = Süd -45,0 °, Neigung zur Horizontalen = 30,0 °Solarspeicher mit $V_{sol} = -$ und $V_{aux} = -$ Liter

Energieertrag der thermischen Solaranlage nach T8, Abs. 6.4.3 = 8.508 kWh/a (Klimaregion 4

Potsdam (Deutschland)), davon nutzbar 8.508 kWh/a für Warmwasser (Deckungsanteil 41,7%),

Korrekturen für abweichende Kollektor- / Speichergroße nach Gl.67 mit $A_{C,Soll} = 41,21$ m² und $V_{Soll} = 1682 + 1932$ Liter, Hilfsenergiebedarf der Solarpumpe vereinfachend $W_{w,gen} = 0,025 \cdot$ $Q_{w,sol}$

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

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4

$Q_{w,sol}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-
-------------	-----	---	---	---	---	---	---	---

$W_{w,gen}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-
-------------	-----	---	---	---	---	---	---	---

12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung

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

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4

$Q_{w, outg}$	kWh	1.523	1.574	1.523	1.574	1.574	1.422	1.574	18.529
---------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4

$Q_{w, outg}$	kWh	1.530	1.581	1.531	1.582	1.582	1.429	1.582	18.617
---------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

12.8 Wärmeerzeugung

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4

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

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

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4

Wärmeerzeuger 283 Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283) 95,3 kW (Erdgas), siehe Heizbereich 1

Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 96,0 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0065$ kWelektrische Leistungsaufnahme im Betrieb $P_{aux,Pn} = 401$ W, im Schlummerbetrieb $P_{aux,P0} = 15$ W

mittlere Kesseltemperatur 45 °C, Kesselaufstellung im unbeheizten Bereich (13 °C)

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

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

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4

$Q_{w, outg}$	kWh	1.523	1.574	1.523	1.574	1.574	1.422	1.574	18.529
---------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

$Q_{w, f}$	kWh	1.538	1.589	1.538	1.590	1.590	1.436	1.590	18.714
------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4

$Q_{w, outg}$	kWh	1.530	1.581	1.531	1.582	1.582	1.429	1.582	18.617
---------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

$t_{w, Pn, d}$	h/d	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--

$Q_{w, g}$	kWh	70	15	8	9	9	8	9	589
------------	-----	----	----	---	---	---	---	---	-----

$Q_{w, f}$	kWh	1.600	1.596	1.539	1.590	1.590	1.437	1.590	19.206
------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

$W_{w, gen}$	kWh	11	7	6	7	7	6	7	115
--------------	-----	----	---	---	---	---	---	---	-----

mit $Q_{w, outg}$ = Nutzwärmebedarf der Erzeugung, $t_{w, Pn, d}$ = Laufzeit des Kessels im WW-Betrieb, $Q_{w, g}$ = Wärmeverlust des Kessels im WW-Betrieb und ggf. anteilig im Stillstand, $Q_{w, f} = Q_{w, outg} + Q_{w, g}$ = Endenergiebedarf, $W_{w, gen}$ = Hilfsenergiebedarf

12.9 Endenergie Warmwasserbereitung

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

$Q_{w, outg}$	kWh	3.053	3.155	3.054	3.156	3.156	2.850	3.155	37.146
---------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

$Q_{w, f}$	kWh	3.138	3.186	3.077	3.180	3.180	2.872	3.180	37.921
------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

$W_{w, f}$	kWh	14	11	10	10	10	9	10	155
------------	-----	----	----	----	----	----	---	----	-----

solar	kWh	844	664	144	53	191	128	530	8.508
-------	-----	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----	-------

Strom-Mix	kWh	1.538	1.589	1.538	1.590	1.590	1.436	1.590	18.714
-----------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

Erdgas	kWh	1.600	1.596	1.539	1.590	1.590	1.437	1.590	19.206
--------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

$Q_{I, w, <4>}$	kWh/d	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	
-----------------	-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--

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

$W_{w,f}$ = Hilfsenergiebedarf, $Q_{l,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch Leitungs- / Speicherverluste
 Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_l werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

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

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

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	V_{mech} m³/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
1 Klassenzimmer	21,5	3,8	4308	18,7	44,1
2 Büro	2,6	0,5	285	1,2	4,3
3 Besprechung	4,7	3,3	525	2,3	10,3
4 Sanitär	0,8	2,3	184	0,8	3,8
5 Verkehrsfläche	15,3	1,1	1382	6,0	22,4
6 Sonstiges	0,7	0,4	143	0,6	1,7

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

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

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

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

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

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

13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone(n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 statische Zentralheizung (REF	100%	*	110.502	86,6	95,3
2					

* = 1/2/3/4/5/6/

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

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Holzwarmlager nach Holzsorten		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,b,<1>}	kWh	1.894	7.162	17.495	23.568	21.994	18.390	12.428	110.502

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

13.3 Heizzeiten

(1) Bereich "statische Zentralheizung (REF '20)", Leitzone 2 Büro

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
th <2>	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.361
th,rL,d <2>	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
dh,rB <2>	d/m	21	23	24	26	26	23	25	237
th,rL <2>	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.562

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

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

13.4 Heizwärmeübergabe

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

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

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

$$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e) \text{ (Gl.34) (11,5\%)}$$

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	1.894	7.162	17.495	23.568	21.994	18.390	12.428	110.502
$Q_{h,ce}$	kWh	537	1.184	1.968	2.229	2.090	1.830	1.449	12.761
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	2.431	8.345	19.463	25.797	24.085	20.220	13.877	123.263

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

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

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce}$ (Tab.9 ff) für hydraulischen Abgleich, Übergabesystem,

Raumtemperaturregelung,

Übertemperatur, spezifische Wärmeverluste der Außenbauteile, Strahlungswirkung, intermittierenden Heizbetrieb und Gebäudeautomation

13.5 Heizwärmeverteilung

Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Anbindeleitungen (A) nach Abs. 6.3

Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

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

Etagenverteiltertyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 2332,8 \text{ m}^2$, Geschosshöhe

i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse. manuell

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

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 49 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren $f_{hydr. Abgleich} = 1,06$, $f_{Netzform} = 1,00$, $f_{d,Pumpenmanagement} = 1,00$

Heizungspumpe Δp konstant, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) statische Zentralheizung (REF '20)			
Leitungslängen l_i	333,5 m	48,6 m	396,6 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

Mittlere Heizkreistemperaturen $\theta_{VL,av}$ (Vorlauf) und $\theta_{RL,av}$ (Rücklauf), Verluste der Verteilung

$Q_{h,d}$, daraus resultierende, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{i,h,d}$ und Hilfsenergiebedarf $Q_{h,d,aux}$

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

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

$\beta_{h,d}$		0,04	0,13	0,31	0,40	0,37	0,35	0,22
$\theta_{VL,av}$	°C	23,8	28,0	34,9	37,8	36,9	36,1	31,4
$\theta_{RL,av}$	°C	23,0	26,0	30,8	32,9	32,3	31,6	28,4

$Q_{h,d}$	kWh	291	532	1.080	1.492	1.426	1.185	880	7.519
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	104	245	566	804	763	629	439	3.908

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 6,1 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{I,h,d} = 3,2 \%$

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

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

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

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

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

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

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

13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	2.722	8.877	20.543	27.289	25.511	21.405	14.757	130.782

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

13.7 Heizwärmepufferspeicher

nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen

nicht vorgesehen

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1)

(1) "statische Zentralheizung (REF '20)", Zonen 1/2/3/4/5/6 ($A_{NGF} = 1.341 \text{ m}^2$)

Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 95,3 \text{ kW}$ (Erdgas)

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

Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,78 \text{ h/d}$

Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,960$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,050$ (Teillast)

Bereitschaftswärmeverlust $q_{p0,70} = 0,0065 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle

Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 7,44 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 1,79 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,32 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)

elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,401 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,134 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

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

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

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

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

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

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

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	2.722	8.877	20.543	27.289	25.511	21.405	14.757	130.782
$\beta_{h,1}$		0,11	0,32	0,58	0,65	0,61	0,59	0,42	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	142	451	1.431	2.077	1.884	1.539	884	8.869
$Q_{h,f}$	kWh	2.865	9.328	21.974	29.365	27.395	22.944	15.641	139.651
$W_{h,gen}$	kWh	22	48	95	123	116	98	72	668

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	2.865	9.328	21.974	29.365	27.395	22.944	15.641	139.651
W_h	kWh	22	48	95	123	116	98	72	668
Erdgas	kWh	2.859	9.328	21.952	29.336	27.422	22.967	15.657	139.687
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	1,5	3,4	8,2	11,2	10,6	9,7	6,1	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,2	0,6	1,3	1,8	1,7	1,6	1,0	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	0,5	1,0	2,5	3,4	3,2	2,9	1,9	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,2	0,4	0,9	1,2	1,1	1,0	0,7	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	1,0	2,3	5,5	7,6	7,2	6,6	4,2	
$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,5	0,7	0,7	0,6	0,4	

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

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

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

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelmäßige Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)
14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
Erdgas	Heizwärme	*	139.687	1,10	1,11	138.429
solar	Warmwasser		8.508	0,00	1,00	-
Strom-Mix	Warmwasser	4/	18.714	1,80	1,00	33.686
Erdgas	Warmwasser	4/	19.206	1,10	1,11	19.033
Strom-Mix	Beleuchtung	**	12.852	1,80	1,00	23.134
Strom-Mix	Hilfsenergie		11.898	1,80	1,00	21.416
Σ [kWh/Jahr]			210.866			235.698

* = 1/2/3/4/5/6/

** = 1/2/3/4/5/6/

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 235.698 / 1.341 = 175,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ($\Sigma A_{NGF} = 1.341 \text{ m}^2$)

Endenergie (brennwertbezogen) = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 8,9 kWh/(m²a), Erdgas 118,5 kWh/(m²a), solar 6,3 kWh/(m²a), Strom-Mix 23,5 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m² a)
Erdgas	125.844	240	30.203	
solar	8.508		-	
Strom-Mix	18.714	560	10.480	
Erdgas	17.303	240	4.153	
Strom-Mix	12.852	560	7.197	
Strom-Mix	11.898	560	6.663	
	195.119		58.695	43,8

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

14.3 Endenergiebedarf nach Zonen

siehe Abschnitt Zone		RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
1 Klassenzimmer	579	-	3.418	-	-	55.344	58.762
2 Büro	95	-	1.869	-	-	5.253	7.122
3 Besprechung	175	-	2.988	-	-	22.025	25.013
4 Sanitär	61	-	984	-	37.902	13.232	52.119
5 Verkehrsfläche	393	-	3.021	-	-	40.305	43.326
6 Sonstiges	36	-	572	-	-	3.487	4.058
Gebäude	1.341	-	12.852	-	37.921	139.650	190.423

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

	RLT kWh/m² a	Beleucht. kWh/m² a	Klima kWh/m² a	Warmwasser kWh/m² a	Heizung kWh/m² a	Summe kWh/m² a
Nutzenergiebedarf	8,3	9,6	0,0	27,5	82,4	127,8
Endenergiebedarf	8,3	9,6	0,0	34,7	104,7	157,3
Primärenergiebedarf	14,9	17,3	0,0	39,5	104,2	175,8

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

15.0 Primärenergie-Referenzwert

vorh $q_P = 175,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien

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

Nachweis für privat genutzte Gebäude

Wärme- und Kälteenergiebedarf = $177608 + 0 + 0 + 0 = 177.608 \text{ kWh/Jahr}$ (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil		Nutzungs- anteil
		erzielt	gefordert	
				0,0 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

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

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs-
				erzielt	gefordert	anteil
HT' - Wert	W/(m²K)	0,00	0,54	0,0 %	15,0 %	0,0 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 0,0 % < Nutzungspflichtanteil = 100 %

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



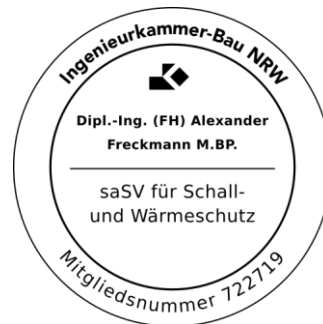
Wärmeschutznachweis

Seiten 1 - 82

Aufgestellt

Freckmann

.....
Dipl.-Ing. Alexander Freckmann M.BP.



M. Kloster

.....
Marcel Kloster B. Eng.
(Name des an der Aufstellung beteiligten Mitarbeiter)

Coesfeld, den 05. Juli 2023