



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 Sanierung Bestandsgebäude)	
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 (Bestandsgebäude) 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. GEG-Nachweis	23
4. Referenzgebäude	52

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 Sanierung des bestehenden Gebäudeteils 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).

Für die Sanierung des bestehenden Gebäudeteils braucht aus baurechtlicher Sicht kein Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes geführt werden.

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 Raumluftheuchte 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

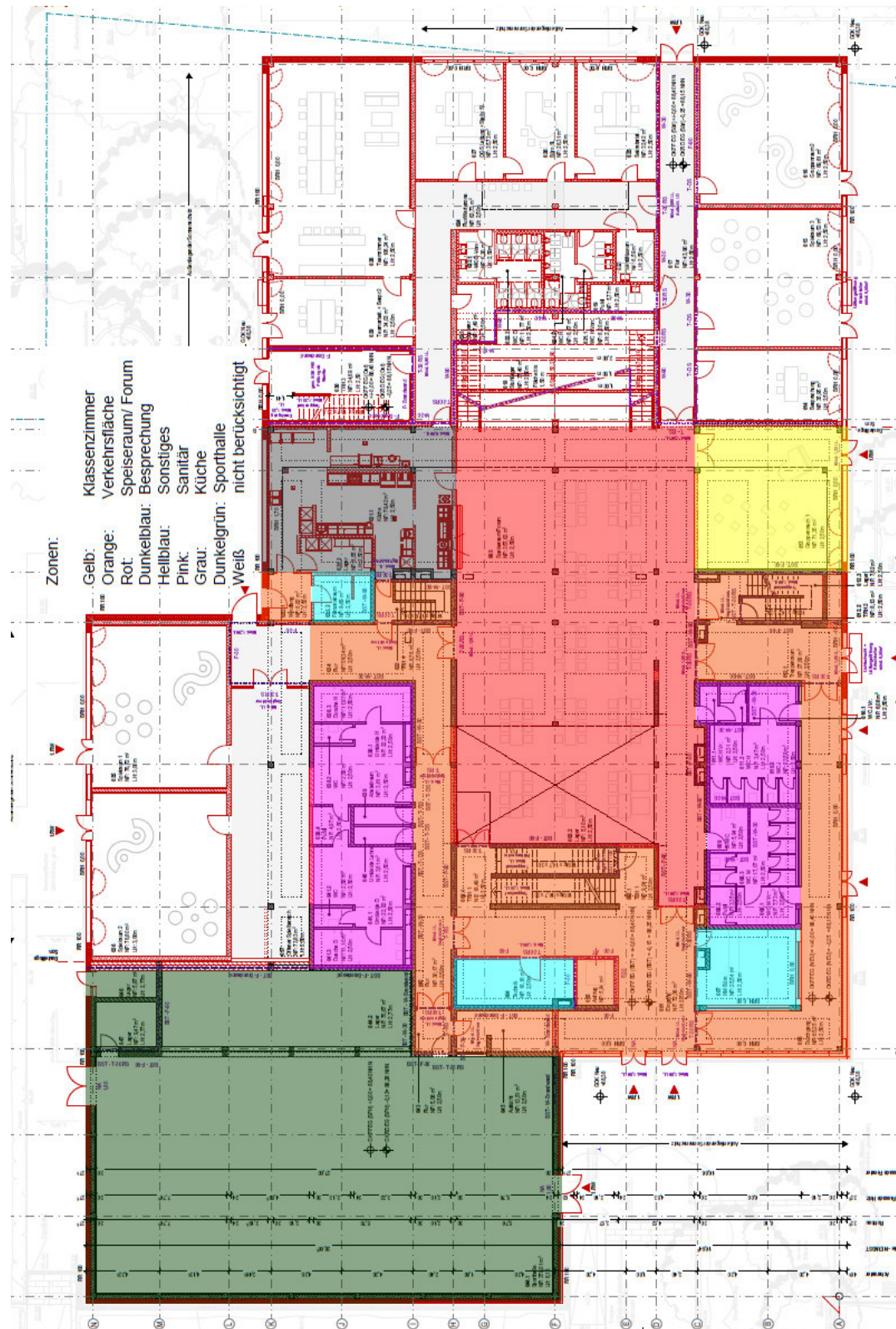
möglich, sind Flankendämmungen entsprechend den Regeln der Technik zu berücksichtigen. Dies gilt in der Regel bei Wärmebrücken im Bereich von Außenluftkonditionen.



1.5 Zonenaufteilung

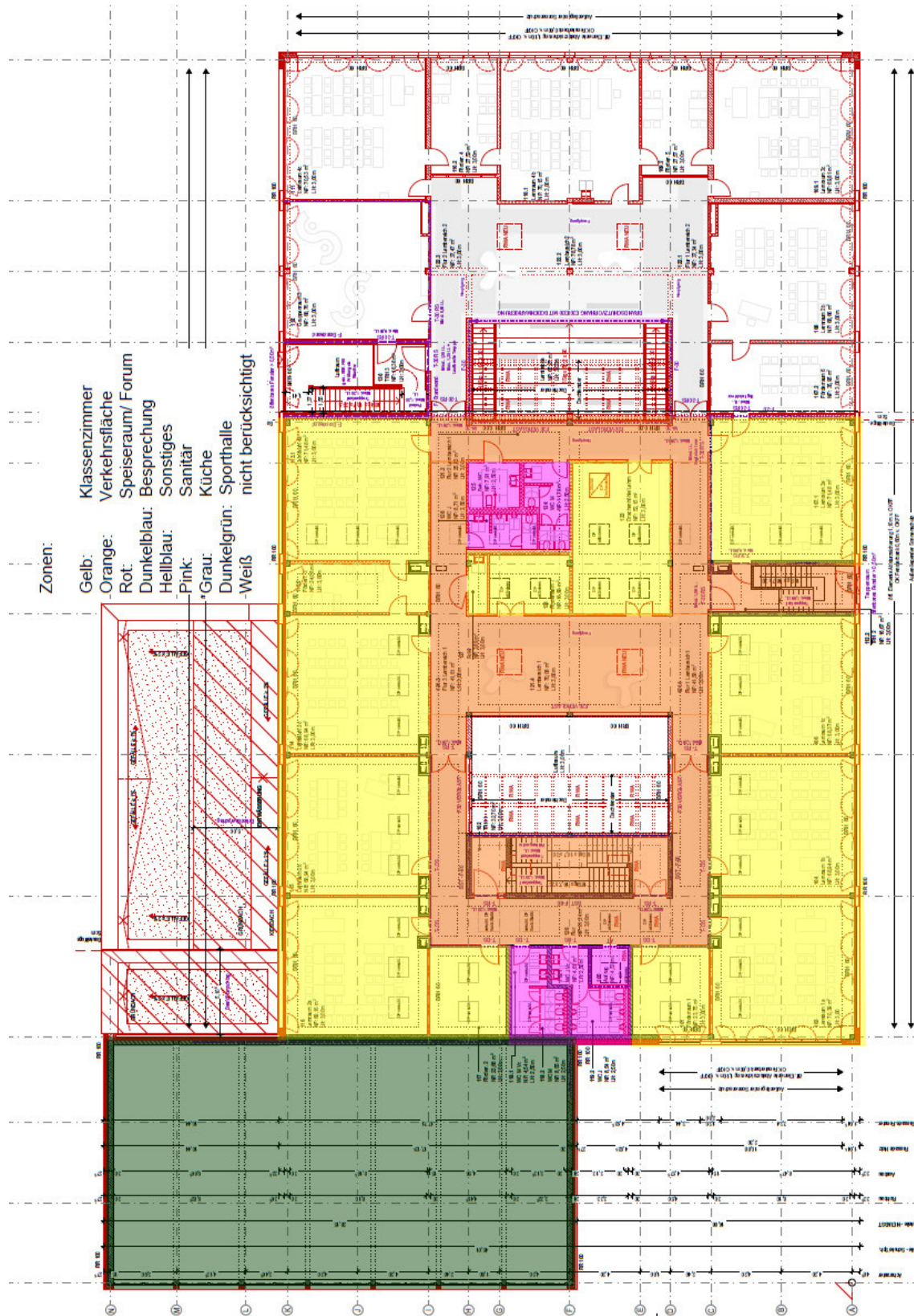
Das Gebäude wird mit Hilfe des „Mehrzonenmodells“ berechnet.

Erdgeschoss:





Obergeschoss:



Kunstlichtversorgung

- LEDs, Beleuchtungsart: direkt, keine Konstantlichtregelung

1.6 Anlagentechnik

TGA	Zone	Ausführung
Warmwasser	Sanitär	Frishwasserstation über Wärmepumpe + Elektro-Durchlauferhitzer
Wärmeerzeuger	Alle	Luft-Wasser Wärmepumpe (128,5 kW)
Heizwärmeübergabe	Sanitär Sporthalle Restliche Zonen	Freie Heizfläche (Heizkörper) Deckenstrahlplatten Fußbodenheizung
Stromerzeugung	-	PV-Anlage (30 kWp)
Dezentrale Raumluftechnische Anlage	Lernräume	RLT mit WRG $\geq 80\%$ (8 x 830 m ³ /h)
Zentrale Raumluftechnische Anlage	Alle (ohne Lernräume)	RLT mit WRF $\geq 80\%$ (Bestand + Neubau = 12.990 m ³ /h)

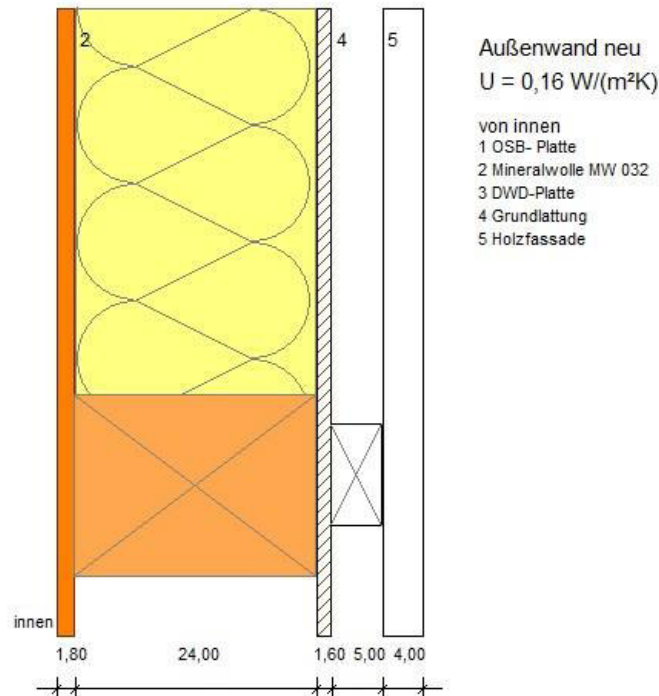
2. Bauteile



Folgende Bauteilparameter werden zugrundegelegt:

Bauteil	U-Wert
Fenster (Schule)	$U_w \leq 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Fenster (Sporthalle)	$U_w \leq 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Lichtkuppel	$U_w \leq 1,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Glasdach	$U_w \leq 1,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Außentür (Schule)	$U \leq 1,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Außentür (Sporthalle)	$U \leq 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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		
Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W

R_{si}					0,130
01 OSB- 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

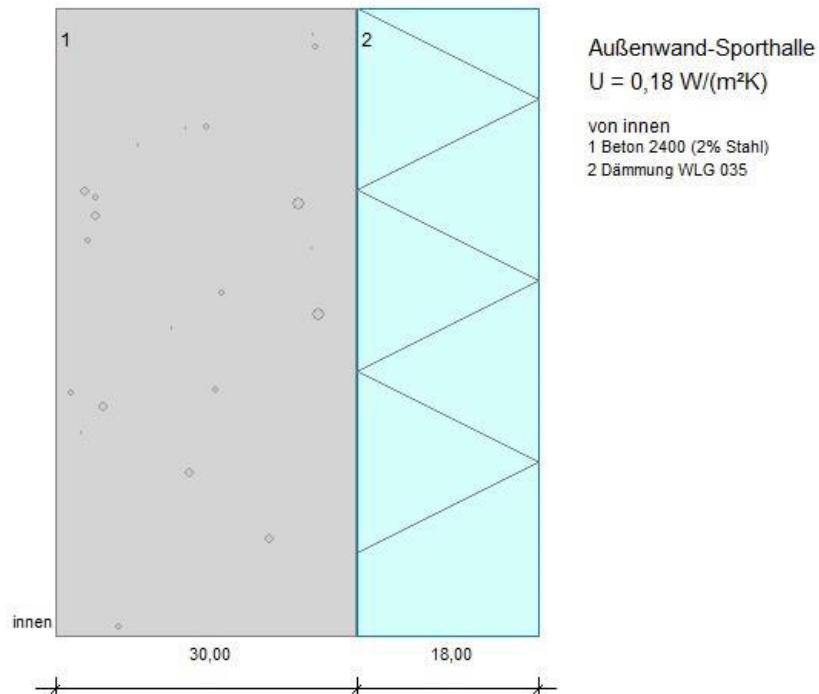
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,157 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

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 $< 100 \text{ kg/m}^2$

$$R_{(G)} \quad 7,82 \geq 1,75 \quad \text{m}^2\text{K/W} \quad \text{erfüllt die Anforderungen}$$

$$R \quad 6,21 \geq 1,00 \quad \text{m}^2\text{K/W} \quad \text{erfüllt die Anforderungen}$$

Bauteil: Außenwand-Sporthalle

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

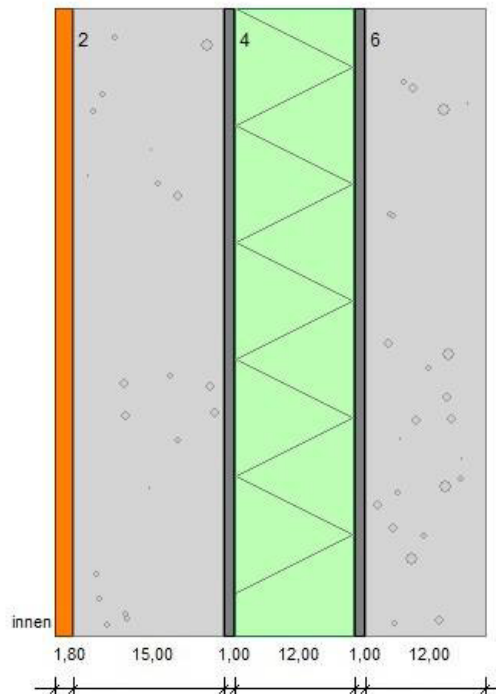
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,13$ und $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ **Querschnitt**

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Beton 2400 (2% Stahl)	30,00	2400	720,0	2,500	0,120
02 Dämmung WLG 035	18,00	20	3,6	0,035	5,143
R_{se}					0,040
	d = 48,00	G =	723,6	$R_T =$	5,43

WärmedurchgangskoeffizientWärmedurchgangskoeffizient $U = 0,184 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

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

 $R \quad 5,26 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen


Bauteil: Außenwand Sockel

Außenwand Sockel
 $U = 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

 von innen
 1 OSB-Platten
 2 Beton 2400 (2% Stahl)
 3 Bituminöse Abdichtung
 4 XPS-Dämmung WLG 035
 5 Bituminöse Abdichtung
 6 Beton 2400 - Vorsatzelement (2% Stahl)

Bauteiltyp "Außenwand" (3)

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

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 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 $R_T = 3,96$					

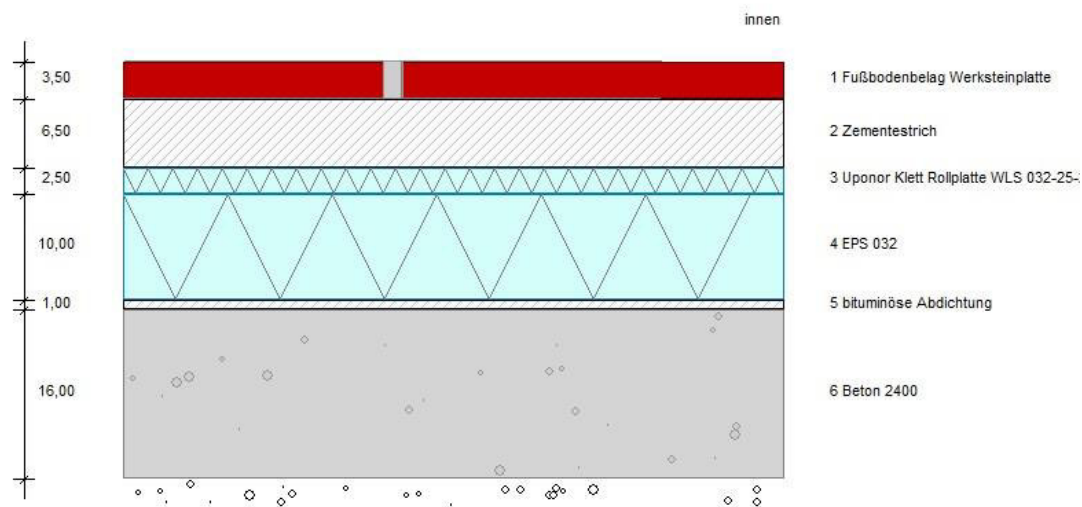
Wärmedurchgangskoeffizient

 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	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}				0,170
01 Fußbodenbelag Werksteinplatte	3,50	2000	70,0	1,000
02 Zementestrich	6,50	2000	130,0	1,400
03 Uponor Klett Rollplatte WLS 032-	2,50	20	0,5	0,033
04 EPS 032	10,00	20	2,0	0,032
05 bituminöse Abdichtung	1,00	1050	10,5	0,170
06 Beton 2400	16,00	2400	384,0	2,000
R_{se}				0,000
d =	39,50	G =	597,0	$R_T =$ 4,27

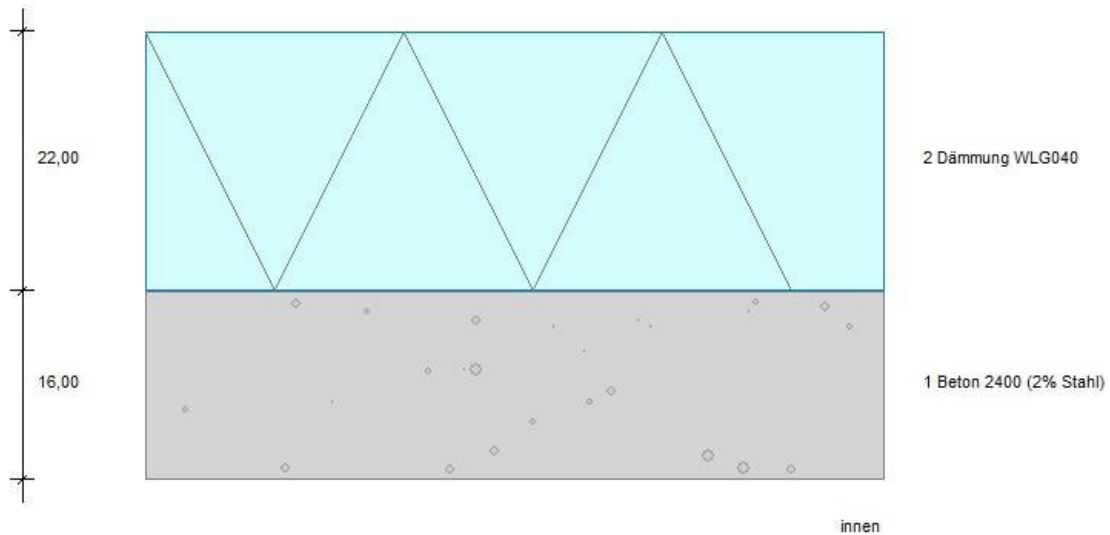
Wärmedurchgangskoeffizient

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 4,10 $\geq$ 0,90 m²K/W erfüllt die Anforderungen

Bauteil: Dach-Lager-Bestand

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

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Beton 2400 (2% Stahl)	16,00	2400	384,0	2,500	0,064
02 Dämmung WLG040	22,00	20	4,4	0,035	6,286
R_{se}					0,040
	d = 38,00	G =	388,4	$R_T =$	6,49

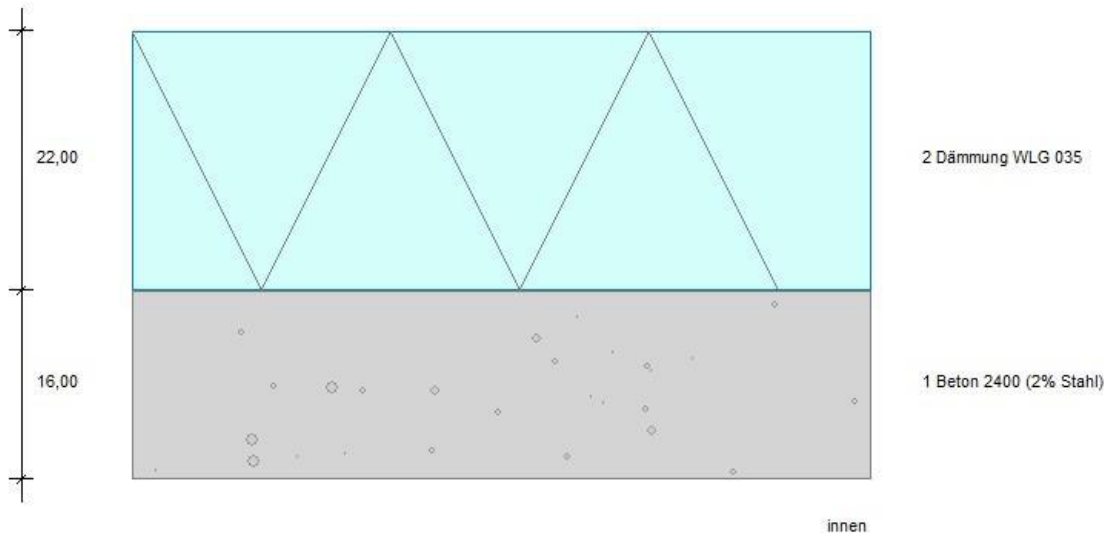
Wärmedurchgangskoeffizient

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

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

R $6,35 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: Dach-Sporthalle

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

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

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,100
01 Beton 2400 (2% Stahl)	16,00	2400	384,0	2,500	0,064
02 Dämmung WLG 035	22,00	20	4,4	0,035	6,286
R_{se}					0,040
	d = 38,00	G =	388,4	$R_T =$	6,49

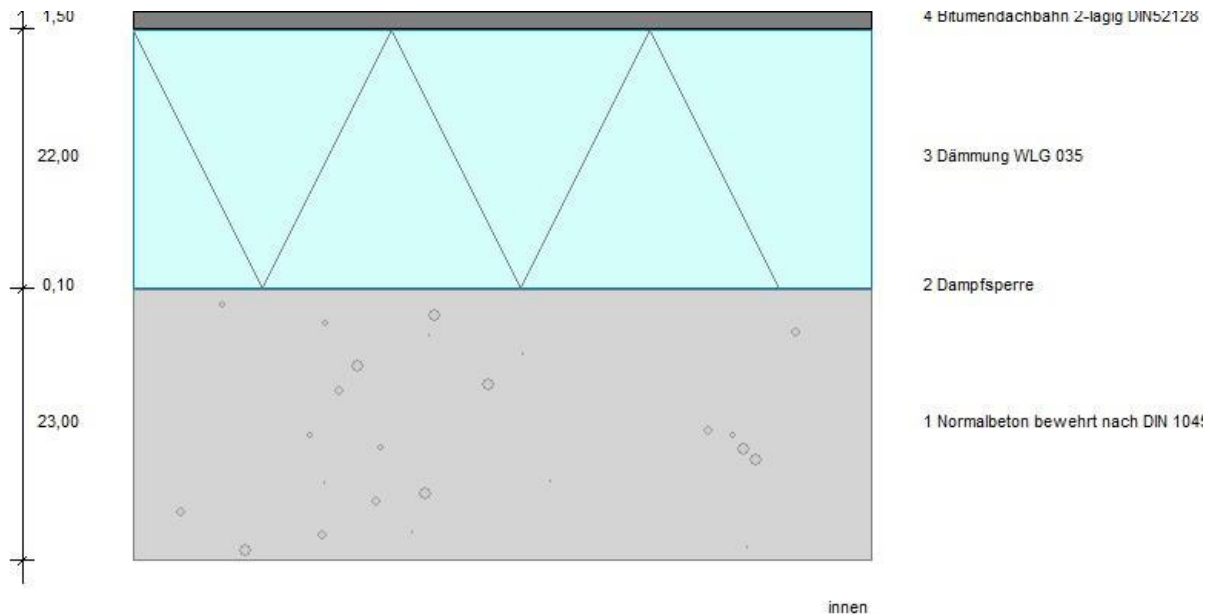
Wärmedurchgangskoeffizient

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

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

R $6,35 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: Flachdach-Bestand

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

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	23,00	2400	552,0	2,100	0,110
02 Dampfsperre	0,10	-	-	-	-
03 Dämmung WLG 035	22,00	20	4,4	0,035	6,286
04 Bitumendachbahn 2-lagig DIN52128	1,50	1200	18,0	0,170	0,088
R_{se}					0,040
	d = 46,60	G = 574,4		$R_T = 6,62$	

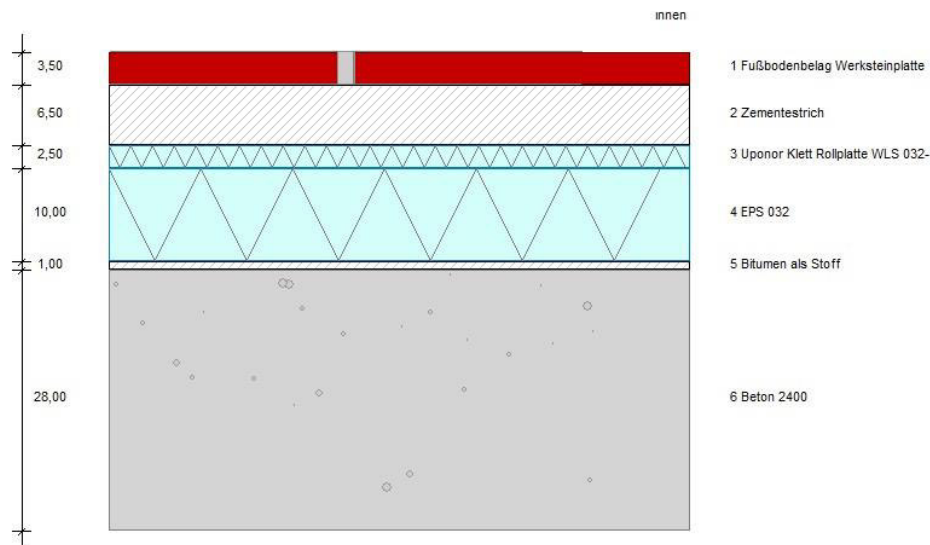
Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,151 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

R $6,48 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: Decke über Kriechkeller Neu


Decke über Kriechkeller Neu
 $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Aufgrund der vielen verschiedenen Fußbodenaufbauten wird nachweisthechnisch folgende Vereinfachung getroffen:

Auf der sicheren Seite liegend, wird der Bauteilaufbau mit den schlechtesten bauphysikalischen Eigenschaften angenommen. Dadurch werden die bauphysikalisch besseren Aufbauten nachweisthechnisch 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 Bitumen als Stoff	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

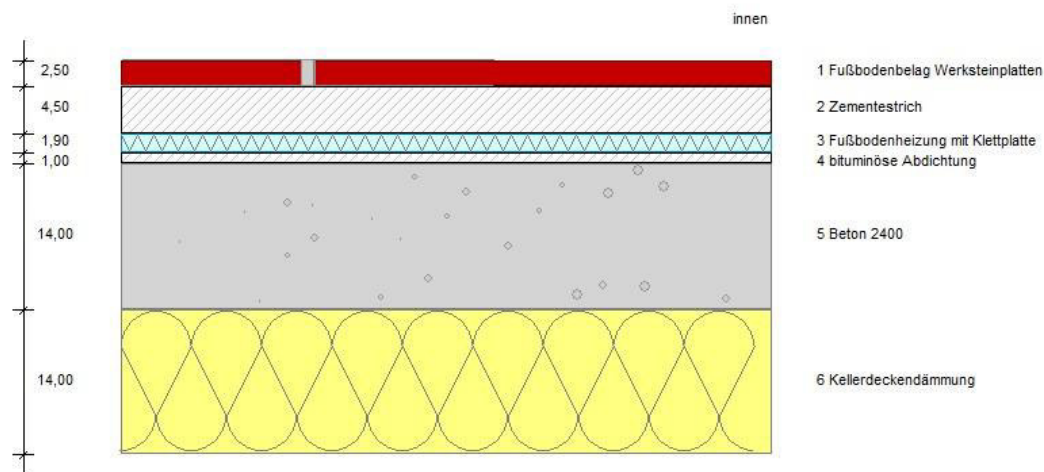
Wärmedurchgangskoeffizient

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


Bauteil: Decke über Kriechkeller Bestand

 Decke über Kriechkeller Bestand
 $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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 "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 Werksteinplatten	2,50	2000	50,0	1,000	0,025
02 Zementestrich	4,50	2000	90,0	1,400	0,032
03 Fußbodenheizung mit Klettplatte	1,90	20	0,4	1,000	0,019
04 bituminöse Abdichtung	1,00	1050	10,5	0,170	0,059
05 Beton 2400	14,00	2400	336,0	2,000	0,070
06 Kellerdeckendämmung	14,00	20	2,8	0,035	4,000
R_{se}					0,040
	d = 37,90	G = 489,7		$R_T = 4,41$	

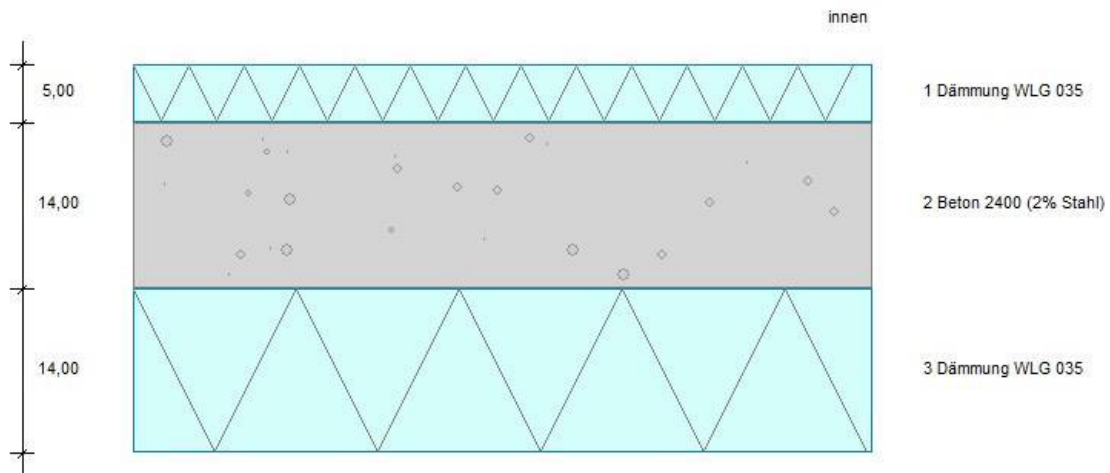
Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,227 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (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.

$R \quad 4,20 \geq 0,90 \quad \text{m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

Bauteil: Kriechkellerdecke-Sporthalle

Kriechkellerdecke-Sporthalle
 $U = 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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 Dämmung WLK 035	5,00	20	1,0	0,035	1,429
02 Beton 2400 (2% Stahl)	14,00	2400	336,0	2,500	0,056
03 Dämmung WLK 035	14,00	20	2,8	0,035	4,000
R_{se}					0,040
	d = 33,00	G =	339,8	$R_T =$	5,69

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,176 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Decken über einen nicht belüfteten Hohlraum (Kriechkeller) an das Erdreich grenzend (DIN 4108-2:2013. Mindestanforderungen nach Tab.3.

R $5,48 \geq 0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$ erfüllt die Anforderungen

3. GEG-Nachweis

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: Altbau Sanierung 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

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50, Mehrzonenmodell zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

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	17,4	755	2448
2 Küche	214 Küchen in Ni	200	21,0	17,6	89	247
3 Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,6	208	610
4 Speiseraum/ Forum/ Kantin	212 Kantine	250	19,5	17,4	355	1311
5 Sonstiges	217 Sonstige Auf	250	19,9	17,6	60	165
6 Verkehrsfläche	219 Verkehrsfläc	250	20,0	17,5	635	1923
7 Sporthalle	231 Turnhalle (o	250	18,4	14,8	464	2894
					2.566	9.598

Gebäude, $A_{NGF} = 2565,9 \text{ m}^2$, $n_G = 2$ 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						
Fenster Nord	1:0	25,0	1,000	1,00 FF	51 02	25,0
Außenwand neu Nord	1:0	28,9	0,157	1,00 FAW	51 02	4,5
Fenster Ost	1:0	83,2	1,000	1,00 FF	51 02	83,2
Außenwand neu Ost	1:0	61,8	0,157	1,00 FAW	51 02	9,7
AußenwandSockel West	1:0	0,9	0,252	1,00 FAW	51 02	0,2
Fenster West	1:0	94,6	1,000	1,00 FF	51 02	94,6
Außenwand neu West	1:0	65,4	0,157	1,00 FAW	51 02	10,3
Bodenplatte Neu	1:0	21,4	0,234	0,35 FG	53 25 14	1,8
Decke-Kriechkeller Besta	1:0	56,2	0,227	1,00 FD	51	12,7
Lichtkuppel	1:0	51,8	1,600	1,00 FF	51 72 02	82,9
Flachdach-Bestand	1:0	713,0	0,151	1,00 FD	51 02	107,7
2 Küche						
AußenwandSockel Ost	2:0	0,8	0,252	1,00 FAW	51 02	0,2
Fenster Ost	2:0	5,5	1,000	1,00 FF	51 02	5,5
Außenwand neu Ost	2:0	19,7	0,157	1,00 FAW	51 02	3,1
Bodenplatte Neubau	2:0	27,1	0,234	0,35 FG	53 25 14	2,2
Decke-Kriechkeller Besta	2:0	70,3	0,227	1,00 FD	51	16,0
3 Sanitär						
Außenwand neu Nord	3:0	13,1	0,157	1,00 FAW	51 02	2,1
Decke-Kriechkeller Besta	3:0	176,4	0,227	1,00 FD	51	40,0
Lichtkuppel	3:0	8,6	1,600	1,00 FF	51 72 02	13,8
Flachdach-Bestand	3:0	66,1	0,151	1,00 FD	51 02	10,0
4 Speiseraum/ Forum						
Decke-Kriechkeller Neu	4:0	34,6	0,229	1,00 FD	51	7,9
Decke-Kriechkeller Besta	4:0	337,5	0,227	1,00 FD	51	76,6
Glasdach	4:0	92,3	1,600	1,00 FF	51 71 02	147,6
5 Sonstiges						
AußenwandSockel Ost	5:0	0,3	0,252	1,00 FAW	51 02	0,1
Fenster Ost	5:0	1,5	1,000	1,00 FF	51 02	1,5
Außentür Ost	5:0	2,6	1,300	1,00 FAW	51 02 09	3,3
Außenwand neu Ost	5:0	2,9	0,157	1,00 FAW	51 02	0,5
Decke-Kriechkeller Besta	5:0	70,2	0,227	1,00 FD	51	15,9
6 Verkehrsfläche						
Fenster Nord	6:0	36,4	1,000	1,00 FF	51 02	36,4
Außentür Nord	6:0	3,5	1,300	1,00 FAW	51 02 09	4,6
Außenwand neu Nord	6:0	11,2	0,157	1,00 FAW	51 02	1,8
AußenwandSockel West	6:0	3,1	0,252	1,00 FAW	51 02	0,8
Fenster West	6:0	59,0	1,000	1,00 FF	51 02	59,0
Außentür West	6:0	3,5	1,300	1,00 FAW	51 02 09	4,6
Außenwand neu West	6:0	33,1	0,157	1,00 FAW	51 02	5,2
Decke-Kriechkeller Besta	6:0	270,8	0,227	1,00 FD	51	61,5
Bodenplatte Neubau	6:0	115,5	0,234	0,35 FG	53 25 14	9,5
Lichtkuppel	6:0	5,8	1,600	1,00 FF	51 72 02	9,2
Flachdach-Bestand	6:0	353,1	0,151	1,00 FD	51 02	53,3
7 Sporthalle						
Fenster Nord	7:0	78,1	1,000	1,00 FF	51 02	78,1
Außenwand-Sporthalle Nor	7:0	130,9	0,184	1,00 FAW	02 51	24,1
Fenstertür Ost	7:0	6,0	1,000	1,00 FF	51 02	6,0
Außentür Ost	7:0	4,5	1,500	1,00 FAW	51 02 09	6,8
Außenwand-Sporthalle Ost	7:0	114,1	0,184	1,00 FAW	02 51	21,0
Außenwand-Sporthalle Süd	7:0	45,9	0,184	1,00 FAW	02 51	8,5
Außentür West	7:0	4,5	1,500	1,00 FAW	51 02 09	6,8
Außenwand-Sporthalle Wes	7:0	102,5	0,184	1,00 FAW	02 51	18,9
Kriechkellerdecke-Sporth	7:0	493,7	0,176	1,00 FD	51	86,9

Dach-Lager-Bestand	7:0	49,0	0,154	1,00 F _D	02 51	7,5
Dach-Sporthalle	7:0	404,7	0,154	1,00 F _D	51	62,3

$$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 4.460,6 \qquad \Sigma H_T \text{ [W/K]} = 1.351,5$$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 1180,12 / 72,19 = 16,35 \text{ m}$
 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 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert bilanziert wird.
- 71 Glasdach
- 72 Lichtkuppel

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)
keine Wärmebrückenzuschläge für Gebäudegrundflächen, Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur
 $H_{T,WB} = 214,8 \text{ W/K}$ (15,9 %, 0,048 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

Transferkoeffizienten	H _{T,D}	H _{T,s}	H _{T,iu}	Σ H _T	H _{T,iz}	H _{T,zi}
Transmission	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K
1 Klassenzimmer	490	0	2	492	0	0
2 Küche	30	0	2	32	0	0
3 Sanitär	79	0	0	79	0	0
4 Speiseraum/ Forum/ Kant	255	0	0	255	0	0
5 Sonstiges	25	0	0	25	0	0
6 Verkehrsfläche	275	0	9	285	0	0
7 Sporthalle	399	0	0	399	0	0
	1553		13	1566		

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

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

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

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

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient

$$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.566,3 / 4.460,6 = \mathbf{0,35 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit U_{max} = Höchstwerte * 1.25 (§ 50 mit Rundungsregel)

		opake Bauteile	Fenster	Vorhangf.	Oberfl.
		[W/ (m²K)]	[W/ (m²K)]	[W/ (m²K)]	[W/ (m²K)]
U _{max}	T _i ≥ 19°C	0,40	1,90	1,90	3,10
U _{max}	T _i < 19°C	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen	T _i ≥ 19°C	0,18	1,00		1,60

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**
 kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 1,90 \text{ W/(m}^2\text{K)} -47,4\%$

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie I, mit RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7), $n_{50} = 1,00 \text{ h}^{-1}$
 Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 2*4461 / 9598 = 0,93 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade
 $e_{\text{wind}} = 0,07$ $f_{\text{wind}} = 15$ (EN ISO 13790 Tab.G4)

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n50		VA		Luftwechsel		Fenster	Lüftungsanlage	
		h-1	m³ / (m²h)	n _{nutz} h-1	n _{inf} h-1	n _{win} h-1	n _{m, ZUL} h-1	t _{v, m} h/d		
1 Klassenzimmer	-	0,98	10,00	3,09	0,07	0,10	3,17	9		
2 Küche	-	1,00	30,00	10,83	0,07	3,29	1,17	8		
3 Sanitär	-	0,87	15,00	5,12	0,06	2,00	1,17	8		
4 Speiseraum/ Foru	-	0,71	10,00	2,70	0,05	0,64	1,17	9		
5 Sonstiges	-	0,94	7,00	2,53	0,07	0,78	1,17	13		
6 Verkehrsfläche	-	0,93	0,00	0,00	0,07	0,10	1,17	13		
7 Sporthalle	-	0,99	3,00	0,48	0,07	0,10	1,17	17		

⇒ WE-Betrieb ...

1 Klassenzimmer	0,00	0,00	0,07	0,10
2 Küche	0,00	0,00	0,07	0,10
3 Sanitär	0,00	0,00	0,06	0,10
4 Speiseraum/ Forum/ Kantine	0,00	0,00	0,05	0,10
5 Sonstiges	0,00	0,00	0,07	0,10
6 Verkehrsfläche	0,00	0,00	0,07	0,10
7 Sporthalle	0,00	0,00	0,07	0,10

Zone <1> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 7760 / 7760 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 289 / 289 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <3> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 713 / 713 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <4> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 1533 / 1533 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <5> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 193 / 193 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <6> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 2249 / 2249 m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG75

Zone <7> RLT-Anlage (203) mit VSUP/ETA = 3384 / 3384 m³/h, Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG75

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

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

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

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

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

$\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0,2) * n_{\text{inf}} - 0,1$ (ohne RLT), falls $n_{\text{nutz}} > 1,2 \Rightarrow \Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - n_{\text{inf}} - 0,1$

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

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

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

Transferkoeffizienten	V	H _{v, z, Jan}	H _{v, inf}	H _{v, win}	Σ H _v	H _{v, mech}	$\theta_{v, Jan}$
Lüftung	m ³	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	°C
1 Klassenzimmer	2.448	0	57	83	140	989	15,2

2 Küche	247	0	6	276	282	33	15,2
3 Sanitär	610	0	13	416	428	81	15,2
4 Speiseraum/ Forum/	1.311	0	22	284	306	195	15,2
5 Sonstiges	165	0	4	44	48	36	15,2
6 Verkehrsfläche	1.923	0	43	65	108	414	15,2
7 Sporthalle	2.894	0	68	98	167	815	15,1

0 212 1267 1479 2563

⇒ WE-Betrieb ...

1 Klassenzimmer	0	57	83	140
2 Küche	0	6	8	14
3 Sanitär	0	13	21	33
4 Speiseraum/ Forum/ Kantin	0	22	45	67
5 Sonstiges	0	4	6	9
6 Verkehrsfläche	0	43	65	108
7 Sporthalle	0	68	98	167

0 212 326 539

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

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

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

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

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

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

4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster

Bauliche Verschattung F_S aus Horizontwinkel α_h , Überhangwinkel α_o und Seitenwinkel α_f

Abminderungsfaktoren $F_S = 0.90$ nach GEG §25, vereinfacht

Kollektorfläche	Zone	A_g m ²	$I_{S,\text{Jan/Jul}}$ W/m ²	$g_{\text{eff, Jan/Jul}}$ %	$Q_{S,\text{Jan/Jul}}$ kWh/d
Fenster Nord	1	17,51	10/ 81	44/ 44	7100
Fenster Ost	1	58,24	25/ 138	44/ 44	"
Fenster West	1	66,22	17/ 117	44/ 44	"
Lichtkuppel	1	36,29	29/ 210	44/ 44	"
Fenster Ost	2	3,82	25/ 138	44/ 44	"
Lichtkuppel	3	6,05	29/ 210	44/ 44	"
Glasdach	4	64,58	29/ 210	44/ 44	"
Fenster Ost	5	1,03	25/ 138	44/ 44	"
Fenster Nord	6	25,45	10/ 81	44/ 44	"
Fenster West	6	41,27	17/ 117	44/ 44	"
Lichtkuppel	6	4,03	29/ 210	44/ 44	"
Fenster Nord	7	54,68	10/ 81	44/ 44	"
Fenstertür Ost	7	4,22	25/ 138	44/ 44	"
383,30					81/ 557

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

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

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

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

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

4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/(m ² K)	α	h_r W/(m ² K)	$I_{S, Jul}$ W/m ²	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
Außenwand neu Nord	N 1	28,9	0,16	0,50	4,50	81	0,1
Außenwand neu Ost	O 1	61,8	0,16	0,50	4,50	138	0,4
AußenwandSockel Wes	W 1	0,9	0,25	0,50	4,50	117	0,0
Außenwand neu West	W 1	65,4	0,16	0,50	4,50	117	0,4
Flachdach-Bestand	- 1	713,0	0,15	0,50	4,50	210	6,2
AußenwandSockel Ost	O 2	0,8	0,25	0,50	4,50	138	0,0
Außenwand neu Ost	O 2	19,7	0,16	0,50	4,50	138	0,1
Außenwand neu Nord	N 3	13,1	0,16	0,50	4,50	81	0,0
Flachdach-Bestand	- 3	66,1	0,15	0,50	4,50	210	0,6
AußenwandSockel Ost	O 5	0,3	0,25	0,50	4,50	138	0,0
Außentür Ost	O 5	2,6	1,30	0,50	4,50	138	0,1
Außenwand neu Ost	O 5	2,9	0,16	0,50	4,50	138	0,0
Außentür Nord	N 6	3,5	1,30	0,50	4,50	81	0,1
Außenwand neu Nord	N 6	11,2	0,16	0,50	4,50	81	0,0
AußenwandSockel Wes	W 6	3,1	0,25	0,50	4,50	117	0,0
Außentür West	W 6	3,5	1,30	0,50	4,50	117	0,2
Außenwand neu West	W 6	33,1	0,16	0,50	4,50	117	0,2
Flachdach-Bestand	- 6	353,1	0,15	0,50	4,50	210	3,1
Außenwand-Sporthall	N 7	130,9	0,18	0,50	4,50	81	0,4
Außentür Ost	O 7	4,5	1,50	0,50	4,50	138	0,3
Außenwand-Sporthall	O 7	114,1	0,18	0,50	4,50	138	0,9
Außenwand-Sporthall	S 7	45,9	0,18	0,50	4,50	113	0,3
Außentür West	W 7	4,5	1,50	0,50	4,50	117	0,2
Außenwand-Sporthall	W 7	102,5	0,18	0,50	4,50	117	0,7
Dach-Lager-Bestand	- 7	49,0	0,15	0,50	4,50	210	0,4
1.834,4							14,8

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

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

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

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

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

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

4.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
1 Klassenzimme	4.847	3.107	1.189	705	1.240	1.526	3.904	55.974
2 Küche	100	68	24	15	31	33	85	1.182
3 Sanitär	242	152	59	33	57	78	191	2.834
4 Speiseraum/	2.583	1.618	630	357	609	835	2.038	30.256
5 Sonstiges	27	18	6	4	8	9	23	319
6 Verkehrsfläc	1.517	939	391	228	349	478	1.190	17.271
7 Sporthalle	816	520	250	141	212	325	645	10.043
über opake ...								
1 Klassenzimme	68	2	-	-	-	-	17	1.150
2 Küche	2	0	-	-	-	-	1	25

3 Sanitär	5	-	-	-	-	-	1	97
4 Speiseraum/	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Sonstiges	2	1	-	-	-	-	1	29
6 Verkehrsfläch	34	0	-	-	-	-	8	574
7 Sporthalle	41	13	-	-	2	0	23	566
	10.284	6.439	2.550	1.484	2.509	3.284	8.127	120.320

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

Zone	A _B m ²	Q _{I,p} kWh/d	Q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
1 Klassenzimmer	755	75,5	15,1	0,0	90,7
2 Küche	89	5,0	160,5	0,0	165,6
3 Sanitär	208	-	-	0,0	0,0
4 Speiseraum/ Forum/ Kantine	355	62,0	3,5	0,0	65,6
5 Sonstiges	635	59,0	5,1	0,0	64,1
6 Verkehrsfläche	635	-	-	0,0	0,0
7 Sporthalle	12	0,8	-	0,0	0,8
⇒ WE-Betrieb ...					
1 Klassenzimmer		-	-	0,0	0,0
2 Küche		-	-	0,0	0,0
3 Sanitär		-	-	0,0	0,0
4 Speiseraum/ Forum/ Kantine		-	-	0,0	0,0
5 Sonstiges		-	-	0,0	0,0
6 Verkehrsfläche		-	-	0,0	0,0
7 Sporthalle		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
1 Klassenzimmer	0,0	16,7	0,3	0,0	0,0
2 Küche	0,0	3,7	0,0	3,1	0,0
3 Sanitär	0,0	3,9	3,9	7,2	0,0
4 Speiseraum/ Forum/ Kantine	0,0	12,2	0,1	0,0	0,0
5 Sonstiges	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0
6 Verkehrsfläche	0,0	5,7	0,3	0,0	0,0
7 Sporthalle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

A_B = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

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

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

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

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

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

Zone	Σ H _T W/K	Σ H _V W/K	Σ H _{V,mech} W/K	Q _{sink} kWh/d	Q _{source} kWh/d	γ
------	-------------------------	-------------------------	------------------------------	----------------------------	------------------------------	---

1 Klassenzimmer	492	140	989	426	148	0,347
2 Küche	32	282	33	162	173	1,070
3 Sanitär	79	428	81	248	18	0,074
4 Speiseraum/ Forum/ Kantine	255	306	195	285	98	0,343
5 Sonstiges	25	48	36	40	66	1,676
6 Verkehrsfläche	285	108	414	253	17	0,068
7 Sporthalle	399	167	815	318	8	0,024

Zone	C_{Wirk} Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
1 Klassenzimmer	50	1621	23,30	2,46	0,950	1,000
2 Küche	50	346	12,87	1,80	0,622	1,000
3 Sanitär	50	588	17,70	2,11	0,996	1,000
4 Speiseraum/ Forum/ Kantine	50	757	23,41	2,46	0,952	1,000
5 Sonstiges	50	108	27,54	2,72	0,527	1,000
6 Verkehrsfläche	50	807	39,36	3,46	1,000	1,000
7 Sporthalle	50	1380	16,81	2,05	1,000	1,000

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

ΣH_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

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

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

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

$\gamma = Q_{\text{Source}} / Q_{\text{Sink}}$ = Verhältnis zwischen Wärmequellen und Wärmesenken

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

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

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

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

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

Temperaturrandbedingungen

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

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	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	20,9	20,8	20,5	20,1	19,7	19,5
$T_{i, 2}$	°C	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
$T_{i, 3}$	°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	19,5	19,6	19,8	20,1	20,5	20,7	20,9	20,8	20,5	20,1	19,7	19,5
$T_{i, 5}$	°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	20,0	20,0	20,2	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,1	20,0
$T_{i, 7}$	°C	18,4	18,4	18,5	18,7	18,8	18,9	19,0	19,0	18,8	18,7	18,5	18,4
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°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
$T_{i, 2}$	°C	17,6	17,8	18,2	19,0	19,8	20,3	20,7	20,6	19,9	19,1	18,1	17,6
$T_{i, 3}$	°C	17,6	17,7	18,2	19,0	19,8	20,3	20,7	20,6	19,9	19,0	18,1	17,6
$T_{i, 4}$	°C	17,4	17,5	18,0	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
$T_{i, 5}$	°C	17,6	17,7	18,2	19,0	19,8	20,3	20,7	20,6	19,8	19,0	18,1	17,5
$T_{i, 6}$	°C	17,5	17,7	18,2	18,9	19,8	20,3	20,7	20,6	19,8	19,0	18,1	17,5

$T_{i, 7} \text{ } ^\circ\text{C}$ 14,8 15,0 15,5 16,4 17,3 17,8 18,2 18,1 17,3 16,4 15,4 14,8

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 $\vartheta_{h,Jan} = 19,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ und $Q_I = 90,7 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,530	0,750	0,930	0,961	0,950	0,935	0,827	0,606
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,498	0,937	1,000	1,000	1,000	0,999	0,957	0,640
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.048	669	648	669	669	604	669	7.212
t_h	h	8	553	720	744	744	672	744	4.580
$Q_{h,b,RE}$	kWh	22	1.301	3.618	5.187	4.858	3.908	2.436	22.483
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	27	1.706	2.567	2.298	1.741	473	8.813
Q_T	kWh	2.082	3.692	5.251	6.454	6.422	5.539	5.234	43.304
Q_V	kWh	362	1.558	2.768	3.663	3.577	3.034	2.621	17.028
Q_S^*	kWh	2.535	2.594	1.143	690	1.206	1.471	3.473	23.688
Q_I^*	kWh	912	1.351	1.653	1.802	1.743	1.527	1.473	12.841

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

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

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

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

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

7.2 Zone 2 Küche

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 21,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ und $Q_I = 165,6 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,290	0,446	0,573	0,620	0,622	0,602	0,546	0,402
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,862
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	80	77	76	79	79	71	79	840
t_h	h	205	744	720	744	744	672	744	5.206
$Q_{h,b,RE}$	kWh	69	252	596	910	884	741	592	4.434
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	40	123	173	165	136	92	730
Q_T	kWh	142	251	357	439	436	376	356	2.943
Q_V	kWh	770	1.396	2.003	2.471	2.456	2.117	1.992	16.328
Q_S^*	kWh	62	48	18	12	25	25	64	617
Q_I^*	kWh	822	1.307	1.624	1.816	1.821	1.592	1.600	13.816

7.3 Zone 3 Sanitär

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

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

η_{source}		0,966	0,989	0,995	0,996	0,996	0,996	0,992	0,943
$\eta_{\text{source, WE}}$		0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,859
$\Delta Q_{C,b, WE}$	kWh	134	181	179	185	185	167	185	1.670
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	6.487
$Q_{h,b, RE}$	kWh	1.293	2.666	3.967	4.924	4.880	4.187	3.850	30.174
$Q_{h,b, WE}$	kWh	-	23	160	242	232	184	109	951
Q_T	kWh	347	615	874	1.075	1.069	922	871	7.211
Q_V	kWh	1.360	2.505	3.619	4.475	4.446	3.830	3.593	29.256
Q_S^*	kWh	241	150	59	33	57	78	191	2.513
Q_I^*	kWh	242	283	318	362	356	310	315	3.255

7.4 Zone 4 Speiseraum/ Forum/ Kantine

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h, Jan} = 19,5^\circ\text{C}$ und $Q_I = 65,6 \text{ kWh/d}$

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}		0,488	0,820	0,931	0,959	0,952	0,937	0,859	0,637
$\eta_{\text{source, WE}}$		0,525	0,922	0,999	1,000	1,000	0,998	0,946	0,637
$\Delta Q_{C,b, WE}$	kWh	-	662	304	314	314	284	314	3.437
t_h	h	42	510	720	744	744	672	744	4.740
$Q_{h,b, RE}$	kWh	42	1.596	3.060	4.241	4.074	3.302	2.336	19.666
$Q_{h,b, WE}$	kWh	-	-	506	813	727	518	84	2.649
Q_T	kWh	1.099	1.949	2.771	3.406	3.389	2.923	2.762	22.852
Q_V	kWh	963	1.934	2.888	3.613	3.578	3.074	2.844	22.379
Q_S^*	kWh	1.290	1.378	601	347	589	799	1.807	13.391
Q_I^*	kWh	757	1.330	1.492	1.618	1.577	1.379	1.379	12.147

7.5 Zone 5 Sonstiges

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h, Jan} = 19,9^\circ\text{C}$ und $Q_I = 64,1 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,188	0,329	0,463	0,531	0,527	0,509	0,444	0,325
$\eta_{\text{source, WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999
$\Delta Q_{C,b, WE}$	kWh	29	52	51	53	53	48	53	475
t_h	h	227	376	715	744	744	672	664	4.510
$Q_{h,b, RE}$	kWh	-	17	59	101	98	77	52	421
$Q_{h,b, WE}$	kWh	5	18	56	80	78	65	48	361
Q_T	kWh	110	196	278	342	340	293	277	2.293
Q_V	kWh	154	312	468	586	581	499	461	3.607
Q_S^*	kWh	13	10	4	3	6	6	15	165
Q_I^*	kWh	255	462	628	746	740	645	623	5.340

7.6 Zone 6 Verkehrsfläche

Regelbetrieb (68,5%)

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

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,907	0,994	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	0,822
$\eta_{source,WE}$		0,862	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,772
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	448	562	544	562	562	508	562	5.020
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	5.593
$Q_{h,b,RE}$	kWh	542	2.324	4.041	5.181	5.044	4.220	3.403	26.523
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	20	591	913	864	664	299	3.350
Q_T	kWh	1.250	2.217	3.153	3.875	3.856	3.326	3.142	26.000
Q_V	kWh	398	1.169	1.943	2.520	2.476	2.109	1.869	13.090
Q_S^*	kWh	1.384	935	390	228	349	478	1.194	11.966
Q_I^*	kWh	100	119	126	140	130	111	116	1.155

7.7 Zone 7 Sporthalle**Regelbetrieb (68,5%)**mit $\vartheta_{h,Jan} = 18,4\text{ °C}$ und $Q_I = 0,8\text{ kWh/d}$ **Wochenendbetrieb (31,5%)**mit $\vartheta_{h,Jan} = 14,8\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,987	0,988	0,999	1,000	1,000	0,999	0,993	0,822
$\eta_{source,WE}$		0,895	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,743
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	360	411	398	411	411	371	411	3.553
t_h	h	167	744	720	744	744	672	744	5.255
$Q_{h,b,RE}$	kWh	251	2.669	5.084	6.757	6.623	5.522	4.625	33.658
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	340	984	1.402	1.365	1.101	813	6.138
Q_T	kWh	1.163	2.507	3.847	4.846	4.818	4.131	3.812	29.497
Q_V	kWh	-292	1.037	2.449	3.420	3.361	2.805	2.301	11.186
Q_S^*	kWh	822	528	250	141	214	325	664	6.936
Q_I^*	kWh	15	16	16	16	16	15	16	155

7.8 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	43.304	17.028	23.688	12.841	31.297	41,4
2 Küche	2.943	16.328	617	13.816	5.164	57,9
3 Sanitär	7.211	29.256	2.513	3.255	31.124	149,4
4 Speiseraum/ Forum	22.852	22.379	13.391	12.147	22.314	62,9
5 Sonstiges	2.293	3.607	165	5.340	782	13,1
6 Verkehrsfläche	26.000	13.090	11.966	1.155	29.874	47,1
7 Sporthalle	29.497	11.186	6.936	155	39.795	85,8
	134.101	112.874	59.275	48.709	160.350	62,5

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	$\theta_{SUP, Jan}$ °C
1 Klassenzimmer	mT	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2
2 Küche	mT	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2
3 Sanitär	-	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2
4 Speiseraum/ Forum/ Kantin	mT	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2
5 Sonstiges	mT	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2
6 Verkehrsfläche	-	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,2
7 Sporthalle	-	203 RLT-Anlage	VE rec75	15,1

Zone <1> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 7760 / 7760$ m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 289 / 289$ m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <3> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 713 / 713$ m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <4> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 1533 / 1533$ m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <5> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 193 / 193$ m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <6> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 2249 / 2249$ m³/h, nutzungsabhängig, balanciert, rec75

Zone <7> RLT-Anlage (203) mit $V_{SUP}/ETA = 3384 / 3384$ m³/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

	$V_{mech, m}$ m³/h	$ty \cdot dv$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_V, Jan kWh
1 Klassenzimmer	7760	153	3,23	2,16	824
2 Küche	289	136	0,12	0,08	27
3 Sanitär	713	170	0,30	0,20	84
4 Speiseraum/ Forum/ Kantin	1533	191	0,64	0,43	204
5 Sonstiges	193	276	0,08	0,05	37
6 Verkehrsfläche	2249	276	0,94	0,62	431
7 Sporthalle	3384	361	1,41	0,94	848

monatliche Werte W_V [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
1 Klassenzimmer	797	824	797	824	824	744	824	9.702
2 Küche	26	27	26	27	27	25	27	320
3 Sanitär	81	84	81	84	84	76	84	990
4 Speiseraum/ F	197	204	197	204	204	184	204	2.396
5 Sonstiges	36	37	36	37	37	33	37	435
6 Verkehrsfläch	417	431	417	431	431	389	431	5.076
7 Sporthalle	821	848	821	848	848	766	848	9.988
	2.376	2.455	2.376	2.455	2.455	2.218	2.455	28.908

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

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

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

W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

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 (4)

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} %
2 <1> Fassade West	West 1	300	334,6	104,7	gut	86
3 <1> Fassade Nord	Nord 1	300	86,9	27,2	gut	87
4 <1> Fassade Ost	Ost 1	300	288,9	90,4	gut	86
5 <2> Fassade Ost	Ost 2	500	17,4	5,5	gut	75
8 <5> Fassade Ost	Ost 5	300	3,7	1,1	gut	86
10 <6> Fassade West	West 6	100	200,9	62,9	gut	88
11 <6> Fassade Nord	Nord 6	100	123,6	38,7	gut	90

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	c_{TL} %
1 <1> DOB -	1	300	622,1	51,8	gering	83
6 <3> DOB -	3	200	103,7	8,6	keine	83
7 <4> DOB -	4	200	1107,0	92,3	gering	83
9 <6> DOB -	6	100	69,1	5,8	keine	83

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	A_{NGF} [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
1 Klassenzimmer	755	1.333	-577
2 Küche	89	17	72
3 Sanitär	208	104	105
4 Speiseraum/ Forum/ Kan	355	1.107	-753
5 Sonstiges	60	4	56
6 Verkehrsfläche	635	394	241
7 Sporthalle	464	-	464

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	CTL	CTL, kon	F _{TL} Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %
1 <1> DOB -	1	83	50	69	62	56	52	49
2 <1> Fassade West	1	86	55	60	54	50	47	45
3 <1> Fassade Nord	1	87	55	59	54	49	47	45
4 <1> Fassade Ost	1	86	55	60	54	50	47	45
5 <2> Fassade Ost	2	75	52	67	62	59	56	55
6 <3> DOB -	3	83	50	69	62	56	52	49
7 <4> DOB -	4	83	50	69	62	56	52	49
8 <5> Fassade Ost	5	86	55	60	54	50	47	45
9 <6> DOB -	6	83	50	69	62	56	52	49
10 <6> Fassade West	6	88	60	55	49	44	41	39
11 <6> Fassade Nord	6	90	60	54	48	43	40	37

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	67	1225	0	316
2 2 Küche	2	500	9-1-1	6,4	1,00	80	1400	0	63
3 3 Sanitär	3	200	9-1-1	3,6	0,55	82	1399	114	83
4 4 Speiseraum/ For	4	200	9-1-1	2,3	1,00	103	1750	0	259
5 5 Sonstiges	5	300	9-1-1	4,0	0,75	97	1907	155	40
6 6 Verkehrsfläche	6	100	9-1-1	1,8	0,60	74	1526	124	122

883

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, A_{KL} = 3.432 m²

Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung Q_{l, f}

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
1 Klassenzimme	228	258	280	325	285	233	236	2.894
2 Küche	60	62	61	64	63	56	62	731
3 Sanitär	75	80	81	87	83	72	77	924
4 Speiseraum/	203	229	251	289	259	210	210	2.578
5 Sonstiges	39	40	39	41	40	36	40	474
6 Verkehrsfläc	109	117	119	131	122	105	111	1.342
7 Sporthalle	-	-	-	-	-	-	-	-
	714	786	831	936	852	713	737	8.943

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, 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	46	371	8,143	50,000	23,30	0,122
2 Küche	23	178	7,875	50,000	12,87	0,124
3 Sanitär	37	25	0,675	50,000	17,70	0,799
4 Speiseraum/ Forum/ Kantine	40	217	5,355	50,000	23,41	0,184
5 Sonstiges	5	68	12,941	50,000	27,54	0,077
6 Verkehrsfläche	28	90	3,178	50,000	39,36	0,311
7 Sporthalle	41	57	1,391	50,000	16,81	0,557

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ Q _{C,b} (Raumklima)								
1 Klassenzimme	79	113	145	636	2.648	4.738	6.041	30.540
2 Küche	1.101	1.113	1.046	1.329	1.622	2.117	2.334	20.864
3 Sanitär	0	1	1	1	7	26	63	333
4 Speiseraum/	67	85	110	372	1.393	2.748	3.615	18.002
5 Sonstiges	635	642	604	769	924	1.158	1.236	11.457
6 Verkehrsfläc	-	-	-	4	126	678	1.317	5.352
7 Sporthalle	-	-	0	2	27	175	498	2.290

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme Q_{C,b}

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

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

11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung Q_{C,max}

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

Zone	t _{c, op, d} h/d	Q _{C, max, Juli} kW	Q _{C, max, Sept} kW	techn. gekühlt
1 Klassenzimmer	9	71,7	54,8	nein
2 Küche	0	1,7	-0,2	nein
3 Sanitär	13	3,4	0,0	nein
4 Speiseraum/ Forum/ Kantin	9	35,5	25,9	nein
5 Sonstiges	13	5,4	4,9	nein
6 Verkehrsfläche	13	18,3	12,6	nein
7 Sporthalle	17	7,1	1,1	nein
		143,1	99,1	

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

mit t_{c, op, d} = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und Δθ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b, Jan}$ kWh/M
1 Klassenzimmer	nicht relevant			-
2 Küche	Schule mit Dusc	0,500 m ² Klassenräu	89	758 c
3 Sanitär	Schule mit Dusc	0,500 m ² Klassenräu	755	8.021 c
4 Speiseraum/ Forum/	nicht relevant			-
5 Sonstiges	nicht relevant			-
6 Verkehrsfläche	nicht relevant			-
7 Sporthalle	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	25% 2/3/	0,98	25.320
2 zentrale WW-Versorgung	75% 2/3/	0,98	75.960
3			

12.3 Verteilungsnetze

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

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 2/3

Verteilssystem: Leitungslängen nach DIN V 18599-8:2018, Zirkulationsbetrieb an $z = 13,0$ h/d

Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)

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

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom $V = 0,58$ m³/h, $\Delta p = 14,8$ kPa, $P_{hydr} = 2,375$ kPa·m³/h, $e_{w,d,aux} = 11,8$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichtlg. (St)	
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3								
Leitungslängen l_i		0 m			0 m		4 m	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i							0,255 W/(mK)	
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$							26,3 °C	
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$							21,0 °C	
(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3								
Leitungslängen l_i		100 m			100 m		45 m	
Wärmedurchgangskoeffizient U_i		0,200 W/(mK)			0,255 W/(mK)		0,255 W/(mK)	
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$		34,5 °C			32,9 °C		32,9 °C	
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$		13,0 °C			21,0 °C		21,0 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

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

$Q_{w,b}$ kWh 2.081 2.150 2.081 2.150 2.150 1.942 2.150 25.320

$Q_{w,d,St}$	kWh	2	2	2	2	2	2	2	24
$Q_{w,d}$	kWh	2	2	2	2	2	2	2	24
$Q_{I,w,d}$	kWh	2	2	2	2	2	2	2	24
Aufteilung $Q_{I,w,d}$: nach Grundflächenanteilen									
(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3									
$Q_{w,b}$	kWh	6.243	6.451	6.243	6.451	6.451	5.827	6.451	75.960
$Q_{w,d,V}$	kWh	268	277	268	277	277	250	277	3.260
$Q_{w,d,S}$	kWh	254	262	254	262	262	237	262	3.085
$Q_{w,d,St}$	kWh	53	55	53	55	55	50	55	648
$Q_{w,d}$	kWh	575	594	575	594	594	536	594	6.993
$W_{w,d}$	kWh	6	6	6	6	6	6	6	73
$Q_{I,w,d}$	kWh	307	317	307	317	317	286	317	3.733
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 2/3
nicht vorhanden

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3
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 2/3									
$Q_{w,outg}$	kWh	2.083	2.153	2.083	2.153	2.153	1.944	2.153	25.344
(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3									
$Q_{w,outg}$	kWh	6.818	7.045	6.818	7.045	7.045	6.364	7.045	82.953

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3
Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010 für Heizung und WW, 128,5 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 $SPF_{w,gen,a} = 82953/(20113+0+0) = 4,12$ (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 $W_{w,gen}$ = Hilfsendenergiebedarf der Wärmepumpe

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

$Q_{w,f, bu} = \text{Nutzwärmebedarf der Nachheizung}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3, Jahresarbeitszahl _{WW} = 4,12									
$Q_{w, outg}$	kWh	6.818	7.045	6.818	7.045	7.045	6.364	7.045	82.953
COP		4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	
$t_{w, gen}$	h/d	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	
$Q_{w, f}$	kWh	1.653	1.708	1.653	1.708	1.708	1.543	1.708	20.113
$Q_{w, in}$	kWh	5.165	5.337	5.165	5.337	5.337	4.821	5.337	62.840
$W_{w, gen}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

12.8 Wärmeerzeugung

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

Wärmeerzeuger 21 Elektro-Durchlauferhitzer ab 1980 24,0 kW (Strom-Mix)

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

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3

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 2/3									
$Q_{w, outg}$	kWh	2.083	2.153	2.083	2.153	2.153	1.944	2.153	25.344
$Q_{w, f}$	kWh	2.083	2.153	2.083	2.153	2.153	1.944	2.153	25.344
(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3									
$Q_{w, outg}$	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	8.901	9.198	8.901	9.198	9.198	8.308	9.198	108.297
$Q_{w, f}$	kWh	3.736	3.861	3.736	3.861	3.861	3.487	3.861	45.457
$W_{w, f}$	kWh	6	6	6	6	6	6	6	73
Strom-Mix	kWh	2.083	2.153	2.083	2.153	2.153	1.944	2.153	25.344
eco-Strom	kWh	1.653	1.708	1.653	1.708	1.708	1.543	1.708	20.113
$Q_{I, w, <2>}$	kWh/d	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	
$Q_{I, w, <3>}$	kWh/d	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	

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

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

Unregelte 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	15,7	2,2	7759	33,8	51,7
2 Küche	1,0	4,5	289	1,3	6,8
3 Sanitär	2,5	6,9	714	3,1	12,5
4 Speiseraum/ Forum/ Kantin	8,2	4,9	1534	6,7	19,8
5 Sonstiges	0,8	0,8	193	0,8	2,4
6 Verkehrsfläche	9,1	1,7	2250	9,8	20,6
7 Sporthalle	12,8	2,7	3386	14,7	30,2

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

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

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

$V_{mech} = \eta_{mech,ZUL} \cdot V$ = 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		*	89.430	101,3	197,9
2 freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr		3/	31.124	12,5	15,2
3 Hallenheizung Deckenstrahlplatten		7/	39.795	30,2	172,7
4					

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

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

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

<3> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, verbesserte Ausführung, $\theta_{str} = 0,3 \text{ K/m}$, $\Delta\theta_{str} = 0,38 \text{ °K}$, P-Regler nicht zertifiziert

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b,<1>}$ kWh	679	5.595	14.357	20.167	19.090	15.372	9.816	89.430
$Q_{h,b,<2>}$ kWh	1.293	2.690	4.127	5.167	5.112	4.371	3.960	31.124
$Q_{h,b,<3>}$ kWh	251	3.008	6.069	8.159	7.987	6.623	5.438	39.795

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 6 Verkehrsfläche

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_{h,<6>}$ h/m	493	744	720	744	744	672	744	5.593
$t_{h,rL,d,<6>}$ h/d	13	13	16	18	17	17	16	

$d_{h,rB} <6>$	d/m	14	23	24	26	26	23	25	185
$t_{h,rL} <6>$	h/m	185	308	389	462	460	400	391	2.891

(2) Bereich "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Leitzone 3 Sanitär

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <3>$	h/m	493	744	720	744	744	672	744	6.487
$t_{h,rL,d} <3>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <3>$	d/m	14	23	24	26	26	23	25	211
$t_{h,rL} <3>$	h/m	185	308	389	462	460	400	391	3.225

(3) Bereich "Hallenheizung Deckenstrahlplatten", Leitzone 7 Sporthalle

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <7>$	h/m	167	744	720	744	744	672	744	5.255
$t_{h,rL,d} <7>$	h/d	17	17	19	20	20	20	19	
$d_{h,rB} <7>$	d/m	5	23	24	26	26	23	25	176
$t_{h,rL} <7>$	h/m	82	398	460	524	522	459	467	3.302

 $t_h = t_{h,Nutz} + t_{h,WE} = \text{monatliche Heizzeiten nach DIN V 18599-2, D.2}$
 $t_{h,rL,day} = 24 - f_{L,NA} * (24 - t_{h,op,day})$ (T5 Gl.24) mit

 $t_{h,op,day} = \text{tägliche Heizzeit (Nutzungsrandbedingung) und } f_{L,NA} = \text{Laufzeitfaktor}$
 $d_{h,rB} = \text{monatliche, rechnerische Betriebstage der Heizung (T5 Gl.28)}$
 $t_{h,rL} = t_{h,rL,day} * d_{h,rB} = \text{monatliche, rechnerische Laufzeit}$
13.4 Heizwärmeübergabe**(1) Fußbodenheizung Nasssystem**

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

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

 $Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (12,2%)

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

(2) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

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

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

 $Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (13,5%)

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

(3) Hallenheizung Deckenstrahlplatten

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, verbesserte Ausführung, $\theta_{str} = 0,3$ K/m, $\Delta\vartheta_{str} = 0,38^\circ\text{K}$, P-Regler nicht zertifiziert

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = 0,2+0,3+0,3787+0+1,2 = 2,08^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

 $Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (14,5%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

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

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

$Q_{h,b}$	kWh	679	5.595	14.357	20.167	19.090	15.372	9.816	89.430
$Q_{h,ce}$	kWh	214	1.025	1.790	2.114	2.011	1.696	1.269	10.932

(2) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

$Q_{h,b}$	kWh	1.293	2.690	4.127	5.167	5.112	4.371	3.960	31.124
$Q_{h,ce}$	kWh	368	446	465	490	487	436	463	4.206

(3) Hallenheizung Deckenstrahlplatten

$Q_{h,b}$	kWh	251	3.008	6.069	8.159	7.987	6.623	5.438	39.795
$Q_{h,ce}$	kWh	115	683	878	972	957	835	820	5.758

$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	2.920	13.447	27.686	37.069	35.645	29.332	21.765	181.246
---------------------	-----	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------

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

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

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

Raumtemperaturregelung,

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

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
 Etagenverteilttyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 2332,8$
 m^2 , Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 35^\circ C / \theta_{RA} = 28^\circ C$, $T_{i,Soll,<6>} = 21,0^\circ C$

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

(2) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

System: manuell

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

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 5 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, P_{Pumpe} unbekannt

(3) Hallenheizung Deckenstrahlplatten

Verteilung nicht vorgesehen

	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 $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

(2) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Leitungslängen l_i	150,0 m	50,0 m	- m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) Fußbodenheizung Nasssystem									
$\beta_{h,d}$		0,02	0,09	0,22	0,30	0,28	0,25	0,15	
$\theta_{VL,av}$	°C	21,4	22,5	24,6	25,6	25,4	25,0	23,4	
$\theta_{RL,av}$	°C	21,2	21,8	22,8	23,3	23,2	23,0	22,2	
$Q_{h,d}$	kWh	105	196	294	379	371	313	270	2.062
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	3	8	18	26	25	20	14	119

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

(2) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$\beta_{h,d}$		0,27	0,34	0,51	0,61	0,60	0,57	0,48	
$\theta_{VL,av}$	°C	33,4	35,7	41,3	44,2	44,0	43,1	40,2	
$\theta_{RL,av}$	°C	29,8	31,4	35,3	37,4	37,2	36,6	34,6	
$Q_{h,d}$	kWh	131	243	385	508	503	424	372	2.894
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	27	53	91	123	121	101	87	695

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 1,6 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,4 \%$
 Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

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

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

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

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

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux}$ = Hilfsenergiebedarf der Heizpumpe (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	998	6.816	16.441	22.660	21.473	17.380	11.355	102.424

(2) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	1.791	3.378	4.977	6.165	6.102	5.231	4.795	38.224

(3) Hallenheizung Deckenstrahlplatten

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	366	3.691	6.947	9.131	8.944	7.458	6.258	45.553

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

13.7 Heizwärmepufferspeicher

nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen

Heizbereiche (1) (2) (3)

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010 für Heizung und WW, 128,5 kW
Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d

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

Die Leistungszahlen (COP) werden für die 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)

(2) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr

Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010 für Heizung und WW, 128,5 kW
Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d

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

Die Leistungszahlen (COP) werden für die planmäßige Vorlauftemperatur 55,0 °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)

(3) Hallenheizung Deckenstrahlplatten

Wärmepumpe 1, Luft-Wasser WP (Standard) ab 2010 für Heizung und WW, 128,5 kW
Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d

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

Die Leistungszahlen (COP) werden für die planmäßige Vorlauftemperatur - °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)

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

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

COP = Leistungszahl der Wärmepumpe, monatlich, t_{ON} = tägliche Laufzeit $Q_{h,f}$ = Endenergiebedarf der WP, $Q_{h,f,bu}$ = Nutz- / Endenergiebedarf der Nachheizung $Q_{h,in}$ = regenerativer Energieertrag (Gl.149), $W_{h,gen}$ = Hilfsendenergiebedarf**Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl_{HZg} = 3,27**

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	998	6.816	16.441	22.660	21.473	17.380	11.355	102.424
COP		4,89	4,19	3,83	3,58	3,61	3,62	3,85	
$t_{ON,g,d}$	h/d	0,3	1,8	4,7	6,8	6,5	5,7	3,2	
$Q_{h,f}$	kWh	262	1.897	4.875	7.161	6.818	5.454	3.392	31.360
$Q_{h,in}$	kWh	736	4.919	11.566	15.499	14.655	11.926	7.963	71.064

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl_{HZg} = 2,23

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

Q _{h,outg}	kWh	1.791	3.378	4.977	6.165	6.102	5.231	4.795	38.224
COP		4,89	4,19	3,83	3,58	3,61	3,62	3,85	
t _{ON,g,d}	h/d	0,5	0,9	1,5	2,0	2,0	1,8	1,4	

Q _{h,f}	kWh	688	1.395	2.212	2.924	2.905	2.473	2.148	17.107
Q _{h,in}	kWh	1.104	1.983	2.766	3.241	3.197	2.758	2.647	21.117

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl_{HZg} = 3,60

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,outg}	kWh	366	3.691	6.947	9.131	8.944	7.458	6.258	45.553
COP		4,89	4,19	3,83	3,58	3,61	3,62	3,85	
t _{ON,g,d}	h/d	0,1	0,9	1,9	2,7	2,6	2,4	1,7	
Q _{h,f}	kWh	88	936	1.875	2.620	2.577	2.128	1.701	12.639
Q _{h,in}	kWh	279	2.755	5.072	6.512	6.367	5.331	4.557	32.915

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger
Heizbereiche (1) (2) (3)

(1) "Fußbodenheizung Nasssystem", Zonen 1/2/4/5/6 (A_{NGF} = 1.894 m²)

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

(2) "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Zonen 3 (A_{NGF} = 208 m²)

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

(3) "Hallenheizung Deckenstrahlplatten", Zonen 7 (A_{NGF} = 464 m²)

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q _{h,f}	kWh	1.037	4.228	8.961	12.705	12.300	10.055	7.241	61.106
W _h	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
eco-Strom	kWh	1.037	4.228	8.961	12.705	12.300	10.055	7.241	61.106
Q _{I,h,<1>}	kWh/d	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	
Q _{I,h,<2>}	kWh/d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Q _{I,h,<3>}	kWh/d	0,9	1,7	3,0	4,0	3,9	3,6	2,8	
Q _{I,h,<4>}	kWh/d	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	
Q _{I,h,<5>}	kWh/d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Q _{I,h,<6>}	kWh/d	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	

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

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

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

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Ungeregelte Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

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 30 kWp, quadratmeterbezogen $30 / (2565,9) = 0,012 \text{ kWp/m}^2$
 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	7.869	11.337	15.910	19.963	19.475	16.478	14.300	144.487
Stromangebot	kWh	2.289	1.657	598	392	753	748	1.823	24.535
anrechenbar	kWh	2.289	1.657	598	392	753	748	1.823	24.535

Jahres-Stromproduktion = 24.535 kWh/a, Strombedarf = 144.487 kWh/a, anrechenbar = 24.535 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	*	61.106	1,80	1,00	109.991
Strom-Mix	Warmwasser	2/3/	25.344	1,80	1,00	45.620
eco-Strom	Warmwasser	2/3/	20.113	1,80	1,00	36.203
Strom-Mix	Beleuchtung	**	8.943	1,80	1,00	16.097
Strom-Mix	Hilfsenergie		28.981	1,80	1,00	52.165
Strom-Mix	Stromgutschrift		-24.535	1,80	1,00	-44.163
$\Sigma \text{ [kWh/Jahr]}$			119.951			215.913

* = 1/2/3/4/5/6/7/

** = 1/2/3/4/5/6/7/

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 215.913 / 2.566 = 84,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ($\Sigma A_{NGF} = 2.566 \text{ m}^2$)

Endenergie (brennwertbezogen) = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 11,3 kWh/(m²a), eco-Strom 31,7 kWh/(m²a), Strom-Mix 13,4 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -9,6 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m²a)
eco-Strom	61.106	560	34.219	
Strom-Mix	25.344	560	14.193	
eco-Strom	20.113	560	11.263	
Strom-Mix	8.943	560	5.008	
Strom-Mix	28.981	560	16.229	
Strom aus PV	-	560	-13.740	
	144.487		67.173	26,2

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen

Gutschrift für PV-Strom = $-80912,4 / 144487,0 \cdot 24535 = -13.740 \text{ kWh/a}$ (GEG A9, Abs.1g)

14.3 Endenergiebedarf nach Zonen

		RLT	Beleucht.	Klima	Warmwasser	Heizung	Summe
siehe Abschnitt		9	10	11	12	13	
Zone	m²	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a

1 Klassenzimmer	755	-	2.893	-	-	10.975	13.869
2 Küche	89	-	731	-	3.921	1.809	6.461
3 Sanitär	208	-	924	-	41.532	17.106	59.562
4 Speiseraum/ For	355	-	2.578	-	-	7.824	10.402
5 Sonstiges	60	-	474	-	-	273	747
6 Verkehrsfläche	635	-	1.342	-	-	10.478	11.821
7 Sporthalle	464	-	-	-	-	12.640	12.640
Gebäude	2.566	-	8.943	-	45.458	61.107	115.509

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/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	11,3	3,5	0,0	39,5	62,5	116,7
Endenergiebedarf	11,3	3,5	0,0	17,7	23,8	56,3
Primärenergiebedarf	20,3	6,3	0,0	31,9	42,9	101,4

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

15.0 Nachweise

für ein bestehendes Gebäude

Referenzberechnung = "Gebäude-Referenz2020"

15.1 Nachweis der thermischen Hülle

Grenzwerte für Nichtwohngebäude nach GEG '20 siehe "2.3 Begrenzung der U-Werte" (140%-Regel)

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

15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 50

zul $q_{P,REF} = 1.4 \cdot 262,3 = 367,2 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ (140%-Regel), aus der Referenzberechnung

vorh $q_P = 215.913 / 2565,9 = 84,1 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

vorh $q_P = 84,1 \leq 367,2 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, **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, §§ 52 ff **werden erfüllt**

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien

17.1 Nutzung von erneuerbaren Energien nach GEG 2020, §§ 52 ff

Nachweis für renovierte, öffentliche Gebäude

Wärme- und Kälteenergiebedarf = $106563 + 0 + 187935 + 0 = 294.498 \text{ kWh/Jahr}$ (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag	Deckungsanteil	Nutzungs-
---------------	---------------	----------------	-----------

	kWh/a	erzielt	gefordert	anteil
Umweltenergie [WW-WP] [Hzg]	269.155	91,4 %	15,0 %	609,3 %
PV-Strom [PV-Strom]	24.535	8,3 %	15,0 %	55,3 %
				664,7 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

 Nachweis mit $HT'_{\text{Grenzwert}} = HT'_{\text{Referenzberechnung}} * 1,4$, ohne Nachweis der QP-Unterschreitung

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs- anteil
				erzielt	gefordert	
HT' - Wert	W/(m²K)	0,48	0,35	26,8 %	10,0 %	268,0 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 932,6 % ≥ Nutzungspflichtanteil = 100 %

 Die Anforderungen aus dem GEG 2020 Abs.4 **werden erfüllt**
20.0 Bundesförderprogramme (BEG)

Bundesförderprogramme für die Sanierung von Nichtwohngebäuden

Technische Mindestanforderungen zum Programm:

Bundesförderung für effiziente NWG-Sanierung, Effizienzgebäude BEG NWG 2023, Effizienzgebäude NT-ready mit 55°C Vorlauftemperatur

Referenzberechnung = "Gebäude-Referenz2020"

Bestandsberechnung = "Gebäude-Referenz2020"

Endenergieeinsparung	473.300 kWh/a
Primärenergieeinsparung	457.177 kWh/a
CO2-Einsparung	105.197 kg/a

	Primärenergiebedarf		----- mittlere U-Werte -----				
		Q _P '	Opake	Fenster	Vorhf.	Oberl.	
		kWh/ (m²a)	W/ (m²K)	W/ (m²K)	W/ (m²K)	W/ (m²K)	
Referenzberechnung	100 %	262,3					
erreicht Ti >= 19°C	32 %	84,1	0,18	1,00		1,60	
Effizienzgebäude Denkmal	160 %	419,7					OK
Effizienzgebäude 100	100 %	262,3	0,34	1,80	1,80	3,00	OK
Effizienzgebäude 70	70 %	183,6	0,26	1,40	1,40	2,40	OK
Effizienzgebäude 55	55 %	144,3	0,22	1,20	1,20	2,00	OK
Effizienzgebäude 40	40 %	104,9	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] [Hzg-WP] + PV-Strom [PV-Strom]

Für die EE-Klasse ist ab 2023 der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung verpflichtend.

 $EE_{\text{genutzt}} = 212.471 \text{ kWh/Jahr}$
 $EE_{\text{Soll}} = 0,65 * 294498 = 191.424 \text{ kWh/Jahr}$ (65% des Wärme- und Kältebedarfs)

 $EE_{\text{genutzt}} \geq EE_{\text{Soll}}$ (65%), die Anforderung für das EE-Paket **wird erfüllt**

NH-Paket (Nachhaltigkeitszertifikat)

Eine anerkannte Nachhaltigkeitszertifizierung nach BMI liegt nicht vor

WPB-Bonus

Ein Worst Performing Building WPB (besonders lohnenswertes Gebäude) liegt nicht vor

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

4. Referenzgebäude

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: Altbau Sanierung 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

Änderung / Ausbau von Nichtwohngebäuden nach GEG '20 §50, Mehrzonenmodell zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, 140% - Regel

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	17,3	755	2448
2 Küche	214 Küchen in Ni	200	21,0	17,5	89	247
3 Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,5	208	610
4 Speiseraum/ Forum/ Kantin	212 Kantine	250	19,5	17,3	355	1311
5 Sonstiges	217 Sonstige Auf	250	19,9	17,5	60	165
6 Verkehrsfläche	219 Verkehrsfläc	250	20,0	17,4	635	1923
7 Sporthalle	231 Turnhalle (o	250	18,4	14,8	464	2894
					2.566	9.598

Gebäude, $A_{NGF} = 2565,9 \text{ m}^2$, $n_G = 2$ 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							
Fenster Nord	1:0	25,0	1,300	1,00	FF	51 02	32,5
Außenwand neu Nord	1:0	28,9	0,280	1,00	FAW	51 02	8,1
Fenster Ost	1:0	83,2	1,300	1,00	FF	51 02	108,2
Außenwand neu Ost	1:0	61,8	0,280	1,00	FAW	51 02	17,3
AußenwandSockel West	1:0	0,9	0,280	1,00	FAW	51 02	0,3
Fenster West	1:0	94,6	1,300	1,00	FF	51 02	123,0
Außenwand neu West	1:0	65,4	0,280	1,00	FAW	51 02	18,3
Bodenplatte Neu	1:0	21,4	0,350	0,55	FG	51 25 14	4,1
Decke-Kriechkeller Besta	1:0	56,2	0,280	1,00	FD	51 02	15,7
Lichtkuppel	1:0	51,8	2,700	1,00	FF	51 72 02	140,0
Flachdach-Bestand	1:0	713,0	0,200	1,00	FD	51 02	142,6
2 Küche							
AußenwandSockel Ost	2:0	0,8	0,280	1,00	FAW	51 02	0,2
Fenster Ost	2:0	5,5	1,300	1,00	FF	51 02	7,1
Außenwand neu Ost	2:0	19,7	0,280	1,00	FAW	51 02	5,5
Bodenplatte Neubau	2:0	27,1	0,350	0,55	FG	51 25 14	5,2
Decke-Kriechkeller Besta	2:0	70,3	0,280	1,00	FD	51 02	19,7
3 Sanitär							
Außenwand neu Nord	3:0	13,1	0,280	1,00	FAW	51 02	3,7
Decke-Kriechkeller Besta	3:0	176,4	0,280	1,00	FD	51 02	49,4
Lichtkuppel	3:0	8,6	2,700	1,00	FF	51 72 02	23,3
Flachdach-Bestand	3:0	66,1	0,200	1,00	FD	51 02	13,2
4 Speiseraum/ Forum							
Decke-Kriechkeller Neu	4:0	34,6	0,280	1,00	FD	51 02	9,7
Decke-Kriechkeller Besta	4:0	337,5	0,280	1,00	FD	51 02	94,5
Glasdach	4:0	92,3	2,700	1,00	FF	51 71 02	249,1
5 Sonstiges							
AußenwandSockel Ost	5:0	0,3	0,280	1,00	FAW	51 02	0,1
Fenster Ost	5:0	1,5	1,300	1,00	FF	51 02	1,9
Außentür Ost	5:0	2,6	1,800	1,00	FAW	51 02 09	4,6
Außenwand neu Ost	5:0	2,9	0,280	1,00	FAW	51 02	0,8
Decke-Kriechkeller Besta	5:0	70,2	0,280	1,00	FD	51 02	19,7
6 Verkehrsfläche							
Fenster Nord	6:0	36,4	1,300	1,00	FF	51 02	47,3
Außentür Nord	6:0	3,5	1,800	1,00	FAW	51 02 09	6,3
Außenwand neu Nord	6:0	11,2	0,280	1,00	FAW	51 02	3,1
AußenwandSockel West	6:0	3,1	0,280	1,00	FAW	51 02	0,9
Fenster West	6:0	59,0	1,300	1,00	FF	51 02	76,6
Außentür West	6:0	3,5	1,800	1,00	FAW	51 02 09	6,3
Außenwand neu West	6:0	33,1	0,280	1,00	FAW	51 02	9,3
Decke-Kriechkeller Besta	6:0	270,8	0,280	1,00	FD	51 02	75,8
Bodenplatte Neubau	6:0	115,5	0,350	0,55	FG	51 25 14	22,2
Lichtkuppel	6:0	5,8	2,700	1,00	FF	51 72 02	15,6
Flachdach-Bestand	6:0	353,1	0,200	1,00	FD	51 02	70,6
7 Sporthalle							
Fenster Nord	7:0	78,1	1,300	1,00	FF	51 02	101,6
Außenwand-Sporthalle Nor	7:0	130,9	0,280	1,00	FAW	51 02	36,6
Fenstertür Ost	7:0	6,0	1,300	1,00	FF	51 02	7,8
Außentür Ost	7:0	4,5	1,800	1,00	FAW	51 02 09	8,2
Außenwand-Sporthalle Ost	7:0	114,1	0,280	1,00	FAW	51 02	31,9
Außenwand-Sporthalle Süd	7:0	45,9	0,280	1,00	FAW	51 02	12,9
Außentür West	7:0	4,5	1,800	1,00	FAW	51 02 09	8,2
Außenwand-Sporthalle Wes	7:0	102,5	0,280	1,00	FAW	51 02	28,7
Kriechkellerdecke-Sporth	7:0	493,7	0,280	1,00	FD	51 02	138,2
Dach-Lager-Bestand	7:0	49,0	0,200	1,00	FD	51 02	9,8

Dach-Sporthalle 7:0 404,7 0,200 1,00 F_D 51 02 80,9

$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 4.460,6$ $\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 1.916,7$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 1180,12 / 72,19 = 16,35 \text{ m}$
 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 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 71 Glasdach
- 72 Lichtkuppel

2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

H_{T,WB} = 223,0 W/K (11,6 %, 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	666	0	4	670	0	0
2 Küche	39	0	5	44	0	0
3 Sanitär	103	0	0	103	0	0
4 Speiseraum/ Forum/ Kant	376	0	0	376	0	0
5 Sonstiges	31	0	0	31	0	0
6 Verkehrsfläche	357	0	22	379	0	0
7 Sporthalle	537	0	0	537	0	0
	2108		32	2140		

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 · H_{T,iu} + F_x · H_{T,s}) / A = 2.139,7 / 4.460,6 = **0,48 W/(m²K)**

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

in Bestandsgebäuden mit U_{max} = Höchstwerte · 1.25 (§ 50 mit Rundungsregel)

	opake Bauteile [W/ (m²K)]	Fenster [W/ (m²K)]	Vorhangf. [W/ (m²K)]	Oberl. [W/ (m²K)]
U _{max} Ti ≥ 19 °C	0,40	1,90	1,90	3,10
U _{max} Ti < 19 °C	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen Ti ≥ 19 °C	0,25	1,30		2,70

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

kleinste Grenzwertunterschreitung: U = 2,70 W/(m²K) = 3,10 W/(m²K) -12,9%

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 $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 2*4461 / 9598 = 0,93 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade
 $e_{\text{wind}} = 0,07 \quad f_{\text{wind}} = 15 \text{ (EN ISO 13790 Tab.G4)}$

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (Anlagenautomation mit Präsenzmeldern) für die Zonen 1 Klassenzimmer, 4 Speiseraum/ Forum/ Kantine

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n_{50}	V_A/V_{dc}	Luftwechsel		Fenster	Lüftungsanlage	
		h^{-1}	$\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	n_{nutz}	n_{inf}	n_{win}	$n_{\text{m, ZUL}}$	$t_{V, m}$
				h^{-1}	h^{-1}	h^{-1}	h^{-1}	h/d
1 Klassenzimmer	-	0,98	9,25	2,86	0,07	0,10	3,17	9
2 Küche	-	1,00	90,00	32,49	0,07	10,51	1,17	8
3 Sanitär	-	0,87	15,00	5,12	0,06	2,00	1,17	8
4 Speiseraum/ Foru	-	0,71	18,00	4,87	0,05	1,45	1,17	9
5 Sonstiges	-	0,94	7,00	2,53	0,07	0,78	1,17	13
6 Verkehrsfläche	-	0,93	0,00	0,00	0,07	0,10	1,17	13
7 Sporthalle	-	0,99	3,00	0,48	0,07	0,10	1,17	17

$\Rightarrow$ WE-Betrieb ...

1 Klassenzimmer	0,00	0,00	0,07	0,10
2 Küche	0,00	0,00	0,07	0,10
3 Sanitär	0,00	0,00	0,06	0,10
4 Speiseraum/ Forum/ Kantine	0,00	0,00	0,05	0,10
5 Sonstiges	0,00	0,00	0,07	0,10
6 Verkehrsfläche	0,00	0,00	0,07	0,10
7 Sporthalle	0,00	0,00	0,07	0,10

Zone <1> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 7760 / 7760 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <2> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 289 / 289 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <3> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 713 / 713 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <4> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 1533 / 1533 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <5> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 193 / 193 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <6> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 2249 / 2249 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <7> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 3384 / 3384 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

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

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

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

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

n_{win} = Fenster- / Türluftwechsel = $n_{\text{win, min}} + \Delta n_{\text{win}} * t_{\text{nutz}} / 24$, mit RLT = $n_{\text{win, min}} + \Delta n_{\text{win, mech}} * t_{V, \text{mech}} / 24$

mit $n_{\text{win, min}} = 0,1$, in Wohngebäuden $n_{\text{win, min}} = \text{seasonal nach Gl.77}$

$\Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - (n_{\text{nutz}} - 0,2) * n_{\text{inf}} - 0,1$ (ohne RLT), falls $n_{\text{nutz}} > 1,2 \Rightarrow \Delta n_{\text{win}} = n_{\text{nutz}} - n_{\text{inf}} - 0,1$

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

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

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

Transferkoeffizienten	V	$H_{V, z, \text{Jan}}$	$H_{V, \text{inf}}$	$H_{V, \text{win}}$	ΣH_V	$H_{V, \text{mech}}$	$\theta_{V, \text{Jan}}$
Lüftung	m^3	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	$^{\circ}\text{C}$
1 Klassenzimmer	2.448	0	57	83	140	989	15,2
2 Küche	247	0	6	882	888	33	15,2
3 Sanitär	610	0	13	416	428	81	15,2

4 Speiseraum/ Forum/	1.311	0	22	646	668	195	15,2
5 Sonstiges	165	0	4	44	48	36	15,2
6 Verkehrsfläche	1.923	0	43	65	108	414	15,2
7 Sporthalle	2.894	0	68	98	167	815	15,1

0 212 2235 2447 2563

⇒ WE-Betrieb ...

1 Klassenzimmer	0	57	83	140
2 Küche	0	6	8	14
3 Sanitär	0	13	21	33
4 Speiseraum/ Forum/ Kantin	0	22	45	67
5 Sonstiges	0	4	6	9
6 Verkehrsfläche	0	43	65	108
7 Sporthalle	0	68	98	167

0 212 326 539

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

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

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

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

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

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

4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster

Bauliche Verschattung F_S aus Horizontwinkel α_h , Überhangwinkel α_o und Seitenwinkel α_f

Abminderungsfaktoren $F_S = 0.90$ nach GEG §25, vereinfacht

Kollektorfläche	Zone	A_g m ²	I_S , Jan/Jul W/m ²	g_{eff} , Jan/Jul %	Q_S , Jan/Jul kWh/d
Fenster Nord	1	17,51	10/ 81	44/ 44 7100	1,8/ 14,9
Fenster Ost	1	58,24	25/ 138	44/ 44 "	15,3/ 84,4
Fenster West	1	66,22	17/ 117	44/ 44 "	11,8/ 81,3
Lichtkuppel	1	36,29	29/ 210	47/ 47 "	11,8/ 85,3
Fenster Ost	2	3,82	25/ 138	44/ 44 "	1,0/ 5,5
Lichtkuppel	3	6,05	29/ 210	47/ 47 "	2,0/ 14,2
Glasdach	4	64,58	29/ 210	46/ 46 "	20,6/ 149,5
Fenster Ost	5	1,03	25/ 138	44/ 44 "	0,3/ 1,5
Fenster Nord	6	25,45	10/ 81	44/ 44 "	2,7/ 21,6
Fenster West	6	41,27	17/ 117	44/ 44 "	7,4/ 50,7
Lichtkuppel	6	4,03	29/ 210	47/ 47 "	1,3/ 9,5
Fenster Nord	7	54,68	10/ 81	44/ 44 "	5,7/ 46,5
Fenstertür Ost	7	4,22	25/ 138	44/ 44 "	1,1/ 6,1
383,30					83/ 571

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 $g_{\text{tot},13363}$ -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

$g_{\text{eff}} = F_W * F_V * (a * g_{\text{tot}} + (1-a) * g_{\perp})$ 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 neu Nord	N 1	28,9	0,28	0,50	4,50	81	0,1
Außenwand neu Ost	O 1	61,8	0,28	0,50	4,50	138	0,8
AußenwandSockel Wes	W 1	0,9	0,28	0,50	4,50	117	0,0
Außenwand neu West	W 1	65,4	0,28	0,50	4,50	117	0,6
Decke-Kriechkeller	- 1	56,2	0,28	0,50	4,50	210	0,9
Flachdach-Bestand	- 1	713,0	0,20	0,50	4,50	210	8,2
AußenwandSockel Ost	O 2	0,8	0,28	0,50	4,50	138	0,0
Außenwand neu Ost	O 2	19,7	0,28	0,50	4,50	138	0,2
Decke-Kriechkeller	- 2	70,3	0,28	0,50	4,50	210	1,1
Außenwand neu Nord	N 3	13,1	0,28	0,50	4,50	81	0,1
Decke-Kriechkeller	- 3	176,4	0,28	0,50	4,50	210	2,8
Flachdach-Bestand	- 3	66,1	0,20	0,50	4,50	210	0,8
Decke-Kriechkeller	- 4	34,6	0,28	0,50	4,50	210	0,6
Decke-Kriechkeller	- 4	337,5	0,28	0,50	4,50	210	5,4
AußenwandSockel Ost	O 5	0,3	0,28	0,50	4,50	138	0,0
Außentür Ost	O 5	2,6	1,80	0,50	4,50	138	0,2
Außenwand neu Ost	O 5	2,9	0,28	0,50	4,50	138	0,0
Decke-Kriechkeller	- 5	70,2	0,28	0,50	4,50	210	1,1
Außentür Nord	N 6	3,5	1,80	0,50	4,50	81	0,1
Außenwand neu Nord	N 6	11,2	0,28	0,50	4,50	81	0,1
AußenwandSockel Wes	W 6	3,1	0,28	0,50	4,50	117	0,0
Außentür West	W 6	3,5	1,80	0,50	4,50	117	0,2
Außenwand neu West	W 6	33,1	0,28	0,50	4,50	117	0,3
Decke-Kriechkeller	- 6	270,8	0,28	0,50	4,50	210	4,4
Flachdach-Bestand	- 6	353,1	0,20	0,50	4,50	210	4,1
Außenwand-Sporthall	N 7	130,9	0,28	0,50	4,50	81	0,6
Außentür Ost	O 7	4,5	1,80	0,50	4,50	138	0,4
Außenwand-Sporthall	O 7	114,1	0,28	0,50	4,50	138	1,4
Außenwand-Sporthall	S 7	45,9	0,28	0,50	4,50	113	0,4
Außentür West	W 7	4,5	1,80	0,50	4,50	117	0,3
Außenwand-Sporthall	W 7	102,5	0,28	0,50	4,50	117	1,0
Kriechkellerdecke-S	- 7	493,7	0,28	0,50	4,50	210	8,0
Dach-Lager-Bestand	- 7	49,0	0,20	0,50	4,50	210	0,6
Dach-Sporthalle	- 7	404,7	0,20	0,50	4,50	210	4,7
3.748,8							49,6

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

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

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

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

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

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

4.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
1 Klassenzimme	4.944	3.168	1.213	719	1.263	1.557	3.980	57.107
2 Küche	100	68	24	15	31	33	85	1.182
3 Sanitär	258	162	63	36	61	83	204	3.023

4 Speiseraum/	2.712	1.699	662	375	640	877	2.140	31.769
5 Sonstiges	27	18	6	4	8	9	23	319
6 Verkehrsfläch	1.527	946	393	230	352	481	1.198	17.397
7 Sporthalle	816	520	250	141	212	325	645	10.043
über opake ...								
1 Klassenzimmer	103	3	-	-	-	-	27	1.737
2 Küche	14	1	-	-	-	-	4	227
3 Sanitär	33	-	-	-	-	-	7	590
4 Speiseraum/	56	-	-	-	-	-	11	970
5 Sonstiges	13	1	-	-	-	-	4	225
6 Verkehrsfläch	86	0	-	-	-	-	19	1.484
7 Sporthalle	176	19	-	-	3	0	56	2.855
	10.866	6.606	2.612	1.519	2.569	3.366	8.402	128.929

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

Zone	A _B m ²	q _{I,p} kWh/d	q _{I,fac} kWh/d	Q _{I,g} kWh/d	Q _I kWh/d
1 Klassenzimmer	755	75,5	15,1	0,0	90,7
2 Küche	89	5,0	160,5	0,0	165,6
3 Sanitär	208	-	-	0,0	0,0
4 Speiseraum/ Forum/ Kantine	355	62,0	3,5	0,0	65,6
5 Sonstiges	60	5,5	0,5	0,0	6,0
6 Verkehrsfläche	635	-	-	0,0	0,0
7 Sporthalle	464	29,2	-	0,0	29,2
⇒ WE-Betrieb ...					
1 Klassenzimmer		-	-	0,0	0,0
2 Küche		-	-	0,0	0,0
3 Sanitär		-	-	0,0	0,0
4 Speiseraum/ Forum/ Kantine		-	-	0,0	0,0
5 Sonstiges		-	-	0,0	0,0
6 Verkehrsfläche		-	-	0,0	0,0
7 Sporthalle		-	-	0,0	0,0

ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m ³ /hW	Q _{I,L} kWh/d	Q _{I,h} kWh/d	Q _{I,w} kWh/d	Q _{I,rv} kWh/d
1 Klassenzimmer	0,0	37,6	9,5	0,0	0,0
2 Küche	0,0	13,2	1,1	3,9	0,0
3 Sanitär	0,0	11,5	5,0	9,1	0,0
4 Speiseraum/ Forum/ Kantine	0,0	23,6	4,5	0,0	0,0
5 Sonstiges	0,0	3,7	0,7	0,0	0,0
6 Verkehrsfläche	0,0	6,9	8,0	0,0	0,0
7 Sporthalle	0,0	0,0	3,5	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	$\Sigma H_{V, \text{mech}}$ W/K	Q_{sink} kWh/d	Q_{source} kWh/d	γ
1 Klassenzimmer	670	140	989	507	180	0,356
2 Küche	44	889	33	460	186	0,404
3 Sanitär	103	428	81	259	29	0,113
4 Speiseraum/ Forum/ Kantine	376	668	195	498	116	0,232
5 Sonstiges	31	48	36	42	11	0,258
6 Verkehrsfläche	379	108	414	296	28	0,094
7 Sporthalle	537	167	815	376	40	0,107

Zone	C_{wirk} Wh/(m ² K)	H W/K	τ h	a -	η -	η_{WE}
1 Klassenzimmer	50	1800	20,99	2,31	0,939	0,999
2 Küche	50	965	4,62	1,29	0,788	1,000
3 Sanitär	50	612	17,02	2,06	0,990	1,000
4 Speiseraum/ Forum/ Kantine	50	1240	14,29	1,89	0,951	0,999
5 Sonstiges	50	114	26,14	2,63	0,979	1,000
6 Verkehrsfläche	50	901	35,24	3,20	1,000	1,000
7 Sporthalle	50	1518	15,28	1,96	0,989	1,000

 $\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,S} + H_{T,iu}$ = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten, $H_{T,iz}$ siehe Q_{sink} ΣH_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung $\Sigma H_{V, \text{mech}}$ = Transferkoeffizient aus mechanischer Lüftung mit WRG ohne Kühlfunktion Q_{sink} = Summe der Wärmesenken aus Transmission und Lüftung in der Gebäudezone Q_{source} = Summe der solaren und internen Wärmequellen in der Gebäudezone $\gamma = Q_{\text{source}} / Q_{\text{sink}}$ = Verhältnis zwischen Wärmequellen und Wärmesenken C_{wirk} = wirksame Wärmespeicherfähigkeit, Standardwert 50 bis maximal 130 Wh/(m²K) bei schweren Bauweisen mit normalen Raumhöhen und ohne Innenverkleidungen, bezogen auf einen m² Grundfläche τ = Zeitkonstante = C_{wirk} / H mit H = Transferkoeffizient der Gebäudezone aus Transmission und Lüftung $a = a_0 + \tau / \tau_0 = 1 + \tau / 16$ = numerischer Parameter η = Ausnutzungsgrad = $(1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$, bei $\gamma=1$ gilt $\eta = a / (1+a)$, DIN V 18599-2 Gl. 142 / 143 η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

Temperaturrandbedingungen

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

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
T_e d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
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	20,9	20,8	20,5	20,1	19,7	19,5
$T_{i, 2}$ °C	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
$T_{i, 3}$ °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	19,5	19,5	19,7	20,1	20,5	20,7	20,8	20,8	20,5	20,1	19,7	19,5
$T_{i, 5}$ °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	20,0	20,0	20,2	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,1	20,0
$T_{i, 7}$ °C	18,4	18,4	18,5	18,7	18,8	18,9	19,0	19,0	18,8	18,7	18,5	18,4

⇒ 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	17,5	17,6	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	19,0	18,0	17,5
T _{i, 3} °C	17,5	17,6	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	19,0	18,0	17,5
T _{i, 4} °C	17,3	17,4	17,9	18,8	19,7	20,2	20,6	20,6	19,7	18,8	17,8	17,2
T _{i, 5} °C	17,5	17,6	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	19,0	18,0	17,5
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
T _{i, 7} °C	14,8	14,9	15,5	16,3	17,3	17,8	18,2	18,1	17,3	16,4	15,4	14,8

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 $Q_I = 90,7$ 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}		0,585	0,760	0,918	0,947	0,939	0,927	0,834	0,629
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,588	0,950	0,999	1,000	0,999	0,998	0,963	0,668
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.342	669	648	669	669	604	669	9.064
t_h	h	105	744	720	744	744	672	744	4.868
$Q_{h,b,RE}$	kWh	303	1.738	4.311	5.997	5.736	4.710	3.163	27.827
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	516	2.429	3.448	3.171	2.491	1.162	13.217
Q_T	kWh	2.830	5.019	7.138	8.773	8.729	7.530	7.114	58.867
Q_V	kWh	358	1.552	2.759	3.653	3.566	3.025	2.613	16.959
Q_S^*	kWh	2.961	2.682	1.158	698	1.220	1.494	3.575	26.930
Q_I^*	kWh	1.169	1.669	2.151	2.477	2.329	1.969	1.829	16.782

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

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 21,0$ °C und $Q_I = 165,6$ kWh/d

Wochenendbetrieb (45,2%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,508	0,664	0,756	0,788	0,788	0,778	0,742	0,588
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,861
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	45	79	76	79	79	71	79	753
t_h	h	530	744	720	744	744	672	744	6.586
$Q_{h,b,RE}$	kWh	948	2.388	4.061	5.329	5.282	4.486	3.975	30.472
$Q_{h,b,WE}$	kWh	8	77	184	248	237	197	143	1.114
Q_T	kWh	195	346	492	605	602	519	490	4.058
Q_V	kWh	2.372	4.238	6.046	7.439	7.399	6.381	6.021	49.664
Q_S^*	kWh	83	57	21	13	27	29	76	848
Q_I^*	kWh	1.528	2.067	2.291	2.478	2.474	2.201	2.317	21.510

7.3 Zone 3 Sanitär

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,932	0,976	0,988	0,990	0,990	0,989	0,983	0,897
$\eta_{source,WE}$		0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,848
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	161	185	179	185	185	167	185	1.793
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	6.368
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.204	2.606	3.971	4.958	4.913	4.207	3.822	29.730
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	70	242	345	331	266	174	1.427
Q_T	kWh	450	798	1.134	1.394	1.387	1.196	1.130	9.353
Q_V	kWh	1.359	2.505	3.618	4.473	4.444	3.828	3.592	29.245
Q_S^*	kWh	278	159	62	35	60	83	208	2.874
Q_I^*	kWh	409	481	531	599	585	509	520	5.321

7.4 Zone 4 Speiseraum/ Forum/ Kantine

Regelbetrieb (68,5%)

 mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5\text{ °C}$ und $Q_I = 65,6\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,677	0,847	0,936	0,954	0,951	0,942	0,893	0,698
$\eta_{source,WE}$		0,623	0,940	0,999	1,000	0,999	0,997	0,955	0,669
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	490	314	304	314	314	284	314	3.732
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	5.864
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.173	3.545	6.496	8.457	8.301	6.960	5.650	44.558
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	158	884	1.281	1.185	904	410	4.823
Q_T	kWh	1.614	2.862	4.070	5.002	4.977	4.293	4.056	33.564
Q_V	kWh	2.061	3.883	5.658	7.018	6.966	5.996	5.605	45.224
Q_S^*	kWh	1.827	1.489	633	363	618	842	1.962	16.874
Q_I^*	kWh	1.162	1.573	1.803	2.031	1.933	1.647	1.640	15.435

7.5 Zone 5 Sonstiges

Regelbetrieb (68,5%)

 mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,9\text{ °C}$ und $Q_I = 6,0\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,811	0,935	0,971	0,980	0,979	0,977	0,964	0,866
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,994
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	30	53	51	53	53	48	53	471
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.318
$Q_{h,b,RE}$	kWh	82	307	534	695	683	579	499	3.734
$Q_{h,b,WE}$	kWh	7	31	78	107	103	85	64	487
Q_T	kWh	135	240	342	420	418	360	341	2.818
Q_V	kWh	153	312	468	586	580	498	460	3.604

Q _S [*]	kWh	35	18	6	4	8	9	26	461
Q _I [*]	kWh	164	200	210	225	224	199	212	2.208

7.6 Zone 6 Verkehrsfläche

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,921	0,992	0,999	1,000	1,000	0,999	0,994	0,835
$\eta_{source,WE}$		0,902	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,796
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	559	562	544	562	562	508	562	5.438
t_h	h	720	744	720	744	744	672	744	6.890
$Q_{h,b,RE}$	kWh	833	2.752	4.663	5.932	5.784	4.854	3.976	31.287
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	220	877	1.257	1.203	954	563	5.074
Q _T	kWh	1.660	2.944	4.186	5.145	5.119	4.416	4.172	34.522
Q _V	kWh	396	1.165	1.937	2.513	2.468	2.103	1.863	13.042
Q _S [*]	kWh	1.476	941	393	229	352	481	1.212	13.140
Q _I [*]	kWh	156	227	325	411	395	329	287	2.628

7.7 Zone 7 Sporthalle

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 18,4\text{ °C}$ und $Q_I = 29,2\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 14,8\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,950	0,941	0,983	0,990	0,989	0,985	0,968	0,852
$\eta_{source,WE}$		0,885	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,737
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	449	411	398	411	411	371	411	3.734
t_h	h	16	744	720	744	744	672	744	5.104
$Q_{h,b,RE}$	kWh	27	2.757	5.561	7.473	7.305	6.061	4.942	36.221
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	566	1.380	1.904	1.850	1.505	1.134	8.591
Q _T	kWh	1.564	3.372	5.174	6.516	6.479	5.555	5.126	39.665
Q _V	kWh	-293	1.035	2.446	3.417	3.357	2.802	2.298	11.164
Q _S [*]	kWh	923	517	247	140	213	322	685	8.581
Q _I [*]	kWh	571	622	672	726	723	642	672	6.740

7.8 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	58.867	16.959	26.930	16.782	41.045	54,3
2 Küche	4.058	49.664	848	21.510	31.586	354,3
3 Sanitär	9.353	29.245	2.874	5.321	31.158	149,6
4 Speiseraum/ Forum	33.564	45.224	16.874	15.435	49.381	139,3
5 Sonstiges	2.818	3.604	461	2.208	4.221	70,8
6 Verkehrsfläche	34.522	13.042	13.140	2.628	36.361	57,3
7 Sporthalle	39.665	11.164	8.581	6.740	44.812	96,6
	182.847	168.902	69.708	70.624	238.563	93,0

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 Küche	mT	202 RLT-Anlage	VE rec60	15,2
3 Sanitär	-	202 RLT-Anlage	VE rec60	15,2
4 Speiseraum/ Forum/ Kantin	mT	202 RLT-Anlage	VE rec60	15,2
5 Sonstiges	mT	202 RLT-Anlage	VE rec60	15,2
6 Verkehrsfläche	-	202 RLT-Anlage	VE rec60	15,2
7 Sporthalle	-	202 RLT-Anlage	VE rec60	15,1

Zone <1> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 7760 / 7760 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <2> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 289 / 289 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <3> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 713 / 713 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <4> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 1533 / 1533 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <5> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 193 / 193 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <6> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 2249 / 2249 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Zone <7> RLT-Anlage (202) mit $V_{\text{SUP/ETA}} = 3384 / 3384 \text{ m}^3/\text{h}$, nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Feuchteanforderung mT / oT = mit / ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)

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

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

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

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

9.2 Strombedarf der Ventilatoren

	$V_{\text{mech, m}}$ m^3/h	$t_v \cdot d_v$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	W_v, Jan kWh
1 Klassenzimmer	7760	153	3,23	2,16	824
2 Küche	289	136	0,12	0,08	27
3 Sanitär	713	170	0,30	0,20	84
4 Speiseraum/ Forum/ Kantin	1533	191	0,64	0,43	204
5 Sonstiges	193	276	0,08	0,05	37
6 Verkehrsfläche	2249	276	0,94	0,62	431
7 Sporthalle	3384	361	1,41	0,94	848

monatliche Werte W_v [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
1 Klassenzimmer	797	824	797	824	824	744	824	9.702
2 Küche	26	27	26	27	27	25	27	320
3 Sanitär	81	84	81	84	84	76	84	990
4 Speiseraum/ F	197	204	197	204	204	184	204	2.396
5 Sonstiges	36	37	36	37	37	33	37	435
6 Verkehrsfläch	417	431	417	431	431	389	431	5.076
7 Sporthalle	821	848	821	848	848	766	848	9.988
	2.376	2.455	2.376	2.455	2.455	2.218	2.455	28.908

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

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

$PV, \text{SUP} / PV, \text{ETA}$ = 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 (4)

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} %
2 <1> Fassade West	West 1	300	334,6	104,7	gut	84
3 <1> Fassade Nord	Nord 1	300	86,9	27,2	gut	84
4 <1> Fassade Ost	Ost 1	300	288,9	90,4	gut	84
5 <2> Fassade Ost	Ost 2	500	17,4	5,5	gut	73
8 <5> Fassade Ost	Ost 5	300	3,7	1,1	gut	84
10 <6> Fassade West	West 6	100	200,9	62,9	gut	86
11 <6> Fassade Nord	Nord 6	100	123,6	38,7	gut	87

Tageslichtbereiche mit Dachoberlichtern

Tageslichtbereich	Zone	E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 <1> DOB -	1	300	622,1	51,8	gering	83
6 <3> DOB -	3	200	103,7	8,6	keine	83
7 <4> DOB -	4	200	1107,0	92,3	gering	83
9 <6> DOB -	6	100	69,1	5,8	keine	83

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	A_{NGF} [m ²]	A_{TL} [m ²]	A_{KTL} [m ²]
1 Klassenzimmer	755	1.333	-577
2 Küche	89	17	72
3 Sanitär	208	104	105
4 Speiseraum/ Forum/ Kan	355	1.107	-753
5 Sonstiges	60	4	56
6 Verkehrsfläche	635	394	241
7 Sporthalle	464	-	464

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> DOB -	1	83	65	60	50	43	37	34	33
2 <1> Fassade West	1	84	70	50	43	38	34	32	31
3 <1> Fassade Nord	1	84	70	50	43	38	34	32	31
4 <1> Fassade Ost	1	84	70	50	43	38	34	32	31
5 <2> Fassade Ost	2	73	52	68	63	60	58	56	56
6 <3> DOB -	3	83	50	69	62	56	52	49	49
7 <4> DOB -	4	83	65	60	50	43	37	34	33
8 <5> Fassade Ost	5	84	55	61	55	51	48	46	46
9 <6> DOB -	6	83	50	69	62	56	52	49	49
10 <6> Fassade West	6	86	55	60	54	50	47	45	45
11 <6> Fassade Nord	6	87	55	59	53	49	46	44	44

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

$c_{TL,kon}$ = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25

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

$F_{TL} = \max[1 - v_{Monat} \cdot c_{TL} \cdot c_{TL,kon}; 0]$, 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 lx	p_j W/m ²	$f_{Prä}$ m ²	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	t_N h/a	$Q_{l,b}$ kWh/m
1 1 Klassenzimmer	1	300	1-1-2	9,3	0,88	57	1225	0	710
2 2 Küche	2	500	1-1-2	23,0	1,00	73	1400	0	225
3 3 Sanitär	3	200	1-1-2	10,6	0,55	82	1399	114	243
4 4 Speiseraum/ For	4	200	1-1-2	5,6	1,00	80	1750	0	500
5 5 Sonstiges	5	300	1-1-2	10,9	0,53	69	1335	109	78
6 6 Verkehrsfläche	6	100	1-1-2	5,3	0,24	32	610	50	146

1902

1-1-2 (1): stabförmige Leuchtstofflampen, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt / indirekt, $A_{KL} = 3.432 \text{ m}^2$

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

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	461	546	630	767	639	483	465	5.940
2 Küche	215	223	218	228	225	201	222	2.620
3 Sanitär	219	233	235	255	243	211	226	2.701
4 Speiseraum/	347	417	476	592	500	376	358	4.504
5 Sonstiges	75	78	75	78	78	70	77	912
6 Verkehrsfläc	131	141	144	156	147	126	136	1.627
7 Sporthalle	-	-	-	-	-	-	-	-

1.447 1.637 1.778 2.076 1.831 1.468 1.484 18.303

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

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

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

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

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

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

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)

Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	c_{wirk}	τ	η
1 Klassenzimmer	58	390	6,679	50,000	20,99	0,148
2 Küche	67	189	2,821	50,000	4,62	0,288
3 Sanitär	38	37	0,973	50,000	17,02	0,683
4 Speiseraum/ Forum/ Kantine	75	234	3,117	50,000	14,29	0,295
5 Sonstiges	6	13	2,218	50,000	26,14	0,419
6 Verkehrsfläche	35	97	2,771	50,000	35,24	0,352
7 Sporthalle	51	99	1,958	50,000	15,28	0,433

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	113	138	161	609	2.471	4.581	6.006	30.259
2 Küche	629	637	601	775	1.004	1.472	1.798	14.571
3 Sanitär	2	2	3	6	24	75	160	829
4 Speiseraum/	79	89	101	284	1.020	2.167	3.128	15.328
5 Sonstiges	3	3	3	7	21	62	114	616
6 Verkehrsfläch	-	-	-	4	120	630	1.281	5.185
7 Sporthalle	4	5	7	21	137	532	1.113	5.064

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{C,b}$

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

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

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

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

Zone	$t_{c,op,d}$ h/d	$Q_{C,max, Juli}$ kW	$Q_{C,max, Sept}$ kW	techn. gekühlt
1 Klassenzimmer	9	75,3	57,5	nein
2 Küche	0	2,7	-2,3	nein
3 Sanitär	13	5,0	1,2	nein
4 Speiseraum/ Forum/ Kantine	9	40,2	27,6	nein
5 Sonstiges	13	1,5	0,9	nein
6 Verkehrsfläche	13	20,3	13,7	nein
7 Sporthalle	17	13,1	5,5	nein
		158,1	104,1	

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

mit $t_{c,op,d}$ = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und $\Delta\theta$ = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K
 Für die Referenzberechnung werden in den Zonen nur 50% des Primärenergiebedarfs angerechnet
 (GEG A2)

Monat Dez Jan Feb Mär Apr Mai Jun Jahr

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d	je	Menge	$Q_{w,b, Jan}$ kWh/M
1 Klassenzimmer	nicht relevant				-
2 Küche	Schule mit Dusc	0,500	m ² Klassenräu	89	758 c
3 Sanitär	Schule mit Dusc	0,500	m ² Klassenräu	755	8.021 c
4 Speiseraum/ Forum/	nicht relevant				-
5 Sonstiges	nicht relevant				-
6 Verkehrsfläche	nicht relevant				-
7 Sporthalle	nicht relevant				-

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

c) Flächenbezug ist die Nettogrundfläche ANGf

12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 dezentrale WW-Versorgung	100% 2/3/	0,98	101.280
2 zentrale WW-Versorgung	100% 2/3/	0,98	101.280
3			

12.3 Verteilungsnetze

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

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 2/3

Verteilssystem: mit Zirkulation, Zirkulationsbetrieb an $z = 8,0$ h/d

Wärmedurchgangskoeffizient U_i , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)

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

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom $V = 0,58$ m³/h, $\Delta p = 14,8$ kPa, $P_{hydr} = 2,375$ kPa*m³/h, $e_{w,d,aux} = 11,8$

Elektrische Leistungsaufnahme P_p = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Stichtlg. (St)
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3			
Leitungslängen l_i	0 m	0 m	22 m
Wärmedurchgangskoeffizient U_i			0,255 W/(mK)
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$			26,3 °C
Umgebungstemperatur $\theta_{I, Jan}$			21,0 °C
(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3			

Leitungslängen l_i	100 m	100 m	45 m
Wärmedurchgangskoeffizient U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$	34,5 °C	32,9 °C	32,9 °C
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$	13,0 °C	21,0 °C	21,0 °C

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

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

$Q_{w,b}$	kWh	8.324	8.602	8.324	8.602	8.602	7.769	8.602	101.280
-----------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---------

$Q_{w,d,St}$	kWh	12	12	12	12	12	11	12	144
--------------	-----	----	----	----	----	----	----	----	-----

$Q_{w,d}$	kWh	12	12	12	12	12	11	12	144
-----------	-----	----	----	----	----	----	----	----	-----

$Q_{I,w,d}$	kWh	12	12	12	12	12	11	12	144
-------------	-----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Aufteilung $Q_{I,w,d}$: nach Grundflächenanteilen**(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3**

$Q_{w,b}$	kWh	8.324	8.602	8.324	8.602	8.602	7.769	8.602	101.280
-----------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---------

$Q_{w,d,V}$	kWh	347	359	347	359	359	324	359	4.223
-------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

$Q_{w,d,S}$	kWh	324	335	324	335	335	303	335	3.946
-------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

$Q_{w,d,St}$	kWh	53	55	53	55	55	50	55	648
--------------	-----	----	----	----	----	----	----	----	-----

$Q_{w,d}$	kWh	725	749	725	749	749	676	749	8.817
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

$W_{w,d}$	kWh	4	4	4	4	4	3	4	45
-----------	-----	---	---	---	---	---	---	---	----

$Q_{I,w,d}$	kWh	378	390	378	390	390	352	390	4.594
-------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

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

 $Q_{I,w,d}$ = ungeregelte Wärmeeinträge durch die WW-Verteilung, siehe "interne Wärmegewinne" $W_{w,d}$ = Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpe**12.4 Warmwasserspeicher****(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3**

nicht vorhanden

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3indirekt beheizter Speicher, bivalent mit Solarteil, Speichervolumen $V_{aux} = 359$, $V_{sol} =$ - LiterBereitschafts-Wärmeverlust $Q_{s,P0,day} = 0,0$ kWh/dUmgebungstemperatur am Aufstellort θ_i 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 $P_p = 67$ 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 2/3

$Q_{w,outg}$	kWh	9.049	9.351	9.049	9.351	9.351	8.446	9.351	110.098
--------------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---------

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

$W_{w,s}$	kWh	28	29	28	29	29	26	29	336
-----------	-----	----	----	----	----	----	----	----	-----

12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung**(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3**

Solaranlage (1), Klimaregion 4

Kollektoren mit Apertur $A_C = 87,4$ m², Orientierung = Süd -45,0 °, Neigung zur Horizontalen = 30,0 °

Solarspeicher mit $V_{\text{sol}} = -$ und $V_{\text{aux}} = 435$ Liter

Energieertrag der thermischen Solaranlage nach T8, Abs. 6.4.3 = 38.559 kWh/a (Klimaregion 4 Potsdam (Deutschland)), davon nutzbar 38.559 kWh/a für Warmwasser (Deckungsanteil 34,6%), Korrekturen für abweichende Kollektor- / Speichergröße nach Gl.67 mit $A_{\text{C,Soll}} = 250,24 \text{ m}^2$ und $V_{\text{Soll}} = 11512 + 6817$ Liter, Hilfsenergiebedarf der Solarpumpe vereinfachend $W_{\text{w,gen}} = 0.025 \cdot Q_{\text{w,sol}}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3									
$Q_{\text{w,sol}}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$W_{\text{w,gen}}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3									
$Q_{\text{w,outg}}$	kWh	8.336	8.614	8.336	8.614	8.614	7.781	8.614	101.425
(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3									
$Q_{\text{w,outg}}$	kWh	9.049	9.351	9.049	9.351	9.351	8.446	9.351	110.098

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

12.8 Wärmeerzeugung

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3
 Wärmeerzeuger 20 hydraulisch gesteuerter Elektro-Durchlauferhitzer 2,0 kW (Strom-Mix)
 Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{\text{k,Pn}} = 99,0 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{\text{P0,70}} = 0,0000 \text{ kW}$

(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3
 Wärmeerzeuger 283 Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283) 198,6 kW (Erdgas), siehe Heizbereich 1
 Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{\text{k,Pn}} = 96,3 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{\text{P0,70}} = 0,0048 \text{ kW}$
 elektrische Leistungsaufnahme im Betrieb $P_{\text{aux,Pn}} = 571 \text{ W}$, im Schlumberbetrieb $P_{\text{aux,P0}} = 15 \text{ W}$
 mittlere Kesseltemperatur 43 °C, Kesselaufstellung im unbeheizten Bereich (13 °C)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3									
$Q_{\text{w,outg}}$	kWh	8.336	8.614	8.336	8.614	8.614	7.781	8.614	101.425
$Q_{\text{w,f}}$	kWh	8.420	8.700	8.420	8.700	8.700	7.858	8.700	102.439
(2) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 2/3									
$Q_{\text{w,outg}}$	kWh	9.049	9.351	9.049	9.351	9.351	8.446	9.351	110.098
$t_{\text{w,Pn,d}}$	h/d	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	
$Q_{\text{w,g}}$	kWh	221	178	172	178	178	161	178	2.400
$Q_{\text{w,f}}$	kWh	9.270	9.529	9.221	9.529	9.529	8.607	9.529	112.498
$W_{\text{w,gen}}$	kWh	30	27	26	27	27	24	27	344

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	17.385	17.965	17.385	17.965	17.965	16.226	17.965	211.523
$Q_{w,f}$	kWh	17.690	18.229	17.641	18.229	18.229	16.465	18.229	214.937
$W_{w,f}$	kWh	62	59	57	59	59	53	59	724
solar	kWh	3.781	2.990	839	399	1.030	773	2.492	38.559
Strom-Mix	kWh	8.420	8.700	8.420	8.700	8.700	7.858	8.700	102.439
Erdgas	kWh	9.270	9.529	9.221	9.529	9.529	8.607	9.529	112.498
$Q_{I,w,<2>}$	kWh/d	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	
$Q_{I,w,<3>}$	kWh/d	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	

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

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

Ungeregelte 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} m³/h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
1 Klassenzimmer	21,4	2,2	7759	33,8	57,5
2 Küche	1,4	14,2	289	1,3	16,9
3 Sanitär	3,3	6,9	714	3,1	13,3
4 Speiseraum/ Forum/ Kantin	12,0	10,7	1534	6,7	29,4
5 Sonstiges	1,0	0,8	193	0,8	2,6
6 Verkehrsfläche	12,1	1,7	2250	9,8	23,6
7 Sporthalle	17,2	2,7	3386	14,7	34,6

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

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

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

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

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

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

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%	*	162.594	130,0	198,6
2 statische Zentralheizung (REF	100%	3/	31.158	13,3	14,6
3 Warmluftheizung, Luftauslässe	100%	7/	44.812	34,6	38,0
4					

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

<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

<2> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb nein, Einzelraumregelsystem ohne
 <3> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n \leq 10$, Warmluftsystem (Gradient T_{str}), $\theta_{str} = K/m$

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b,<1>}$	kWh	3.355	11.731	24.518	32.751	31.684	26.221	19.604	162.594
$Q_{h,b,<2>}$	kWh	1.204	2.676	4.213	5.303	5.244	4.473	3.995	31.158
$Q_{h,b,<3>}$	kWh	27	3.323	6.941	9.377	9.155	7.567	6.075	44.812

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 6 Verkehrsfläche

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <6>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	6.890
$t_{h,rL,d} <6>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <6>$	d/m	21	23	24	26	26	23	25	223
$t_{h,rL} <6>$	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.386

(2) Bereich "statische Zentralheizung (REF '20)", Leitzone 3 Sanitär

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <3>$	h/m	493	744	720	744	744	672	744	6.368
$t_{h,rL,d} <3>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <3>$	d/m	14	23	24	26	26	23	25	207
$t_{h,rL} <3>$	h/m	185	308	389	462	460	400	391	3.181

(3) Bereich "Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)", Leitzone 7 Sporthalle

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <7>$	h/m	16	744	720	744	744	672	744	5.104
$t_{h,rL,d} <7>$	h/d	17	17	19	20	20	20	19	
$d_{h,rB} <7>$	d/m	0	23	24	26	26	23	25	172
$t_{h,rL} <7>$	h/m	8	398	460	524	522	459	467	3.228

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

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

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

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\theta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (11,8%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse:

(2) statische Zentralheizung (REF '20)

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

nein, Einzelraumregelsystem ohne

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

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

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse:

(3) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich, $n_{\leq 10}$, Warmluftsystem (Gradient T'_{str}),

$\theta_{str} = K/m$

Summe der Temperaturschwankungen $\Delta\vartheta_{ce} = 0,2+0 = 0,20^\circ\text{K}$ (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$ (Gl.34) (1,4%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse:

$W_{h,ce} = f_{h,ce,aux} \cdot Q_{h,b}$ (Gl.49 / 51), unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,ce} = W_{h,ce}$

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) statische Zentralheizung (REF '20)									
$Q_{h,b}$	kWh	3.355	11.731	24.518	32.751	31.684	26.221	19.604	162.594
$Q_{h,ce}$	kWh	951	1.936	2.754	3.093	3.007	2.606	2.283	19.167
(2) statische Zentralheizung (REF '20)									
$Q_{h,b}$	kWh	1.204	2.676	4.213	5.303	5.244	4.473	3.995	31.158
$Q_{h,ce}$	kWh	343	443	475	503	500	446	467	4.081
(3) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)									
$Q_{h,b}$	kWh	27	3.323	6.941	9.377	9.155	7.567	6.075	44.812
$Q_{h,ce}$	kWh	1	73	97	107	105	92	88	613
$W_{h,ce}$	kWh	0	40	83	113	110	91	73	538
$Q_{l,h,ce}$	kWh	0	40	83	113	110	91	73	538
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	5.881	20.182	38.998	51.135	49.695	41.404	32.513	262.424

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

Hilfsenergiebedarf der Wärmeübergabe $W_{h,ce}$ mit den Parametern

P_C = elektrische Nennleistungsaufnahme der Regelungseinrichtungen (Tab.20 oder Herstellerangabe)

P_V / P_P = elektrische Nennleistungsaufnahme der Ventilatoren und Pumpen (Tab.21)

$P_{h,aux}$ = Hilfsenergiebedarf von Erzeugern, Erhitzern und Ventilatoren bei direkter Beheizung ($h_R > 4m$, Gl.49)

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) $\theta_{VA} = 55^\circ\text{C} / \theta_{RA} = 45^\circ\text{C}$, $T_{i,Soll,<6>} = 21,0^\circ\text{C}$

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

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

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

Heizungspumpe Δp konstant, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt

(2) statische Zentralheizung (REF '20)

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "1 Wohnen, Büro, Hotels", Netztyp 3 Steigestrangtyp,

Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{\text{Nutz,Heizbereich}} = 208,3 \text{ m}^2$, Geschosshöhe i.M. = 3,20 m, 1

Geschosse. manuell

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

Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 48 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe Δp konstant, bedarfsgerecht, P_{Pumpe} unbekannt

(3) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)

Verteilung nicht vorgesehen

	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 $\theta_{\text{I},i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C
(2) statische Zentralheizung (REF '20)			
Leitungslängen l_i	151,5 m	13,4 m	52,1 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{\text{I},i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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

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

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) statische Zentralheizung (REF '20)								
$\beta_{\text{h,d}}$	0,05	0,14	0,29	0,37	0,36	0,33	0,23	
$\theta_{\text{VL,av}}$ °C	24,2	28,5	34,2	36,8	36,4	35,5	31,8	
$\theta_{\text{RL,av}}$ °C	23,3	26,3	30,3	32,2	31,9	31,2	28,7	
$Q_{\text{h,d}}$ kWh	308	556	1.037	1.424	1.390	1.149	904	7.426
$W_{\text{h,d}}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{\text{I,h,d}}$ kWh	114	260	539	761	740	606	455	3.835

Leitungsverluste $Q_{\text{h,d}} = 2,8 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{\text{i,h,d}} = 1,5 \%$

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

(2) statische Zentralheizung (REF '20)

$\beta_{\text{h,d}}$	0,24	0,32	0,49	0,59	0,58	0,55	0,45	
$\theta_{\text{VL,av}}$ °C	32,2	35,0	40,7	43,6	43,4	42,6	39,5	
$\theta_{\text{RL,av}}$ °C	28,9	30,9	34,9	37,0	36,8	36,2	34,1	
$Q_{\text{h,d}}$ kWh	131	253	407	538	533	449	391	3.023
$W_{\text{h,d}}$ kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{\text{I,h,d}}$ kWh	33	67	115	156	155	129	109	871

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 1,2 \%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 0,3 \%$
 Aufteilung $Q_{l,h,d}$: nach Grundflächenanteilen

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

13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	4.613	14.223	28.309	37.269	36.081	29.976	22.791	189.187

(2) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	1.678	3.372	5.096	6.344	6.277	5.368	4.853	38.261

(3) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	28	3.396	7.037	9.485	9.260	7.659	6.164	45.424

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

13.7 Heizwärmepufferspeicher

nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

13.9 Heizungswärmepumpen

nicht vorgesehen

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1) (2) (3)

(1) "statische Zentralheizung (REF '20)", Zonen 1/2/4/5/6 ($A_{NGF} = 1.894 \text{ m}^2$)

Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwärtekessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 198,6 \text{ kW}$ (Erdgas)
 Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 13 \text{ °C}$, außerhalb der thermischen Hülle
 Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00 \text{ h/d}$
 Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,963$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,053$ (Teillast)
 Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0048 \text{ kW}$, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
 Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 13,90 \text{ kW}$, $P_{gen,Pint} = 3,32 \text{ kW}$, $P_{gen,P0} = 0,44 \text{ kW}$ (Gl.183 ff)
 elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,571 \text{ kW}$, $P_{aux,Pint} = 0,190 \text{ kW}$, $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

(2) "statische Zentralheizung (REF '20)", Zonen 3 ($A_{NGF} = 208 \text{ m}^2$)

Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwärtekessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 14,6 \text{ kW}$ (Erdgas)
 Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 13 \text{ °C}$, außerhalb der thermischen Hülle
 Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00 \text{ h/d}$

Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,952$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,042$ (Teillast)
 Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0137$ kW, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
 Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 1,42$ kW, $P_{gen,Pint} = 0,35$ kW, $P_{gen,P0} = 0,13$ kW (Gl.183 ff)
 elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,163$ kW, $P_{aux,Pint} = 0,054$ kW, $P_{aux,P0} = 0,015$ kW

(3) "Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)", Zonen 7 ($A_{NGF} = 464$ m²)
 Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283), $P_n = 38,0$ kW (Erdgas)
 Umgebungstemperatur am Aufstellort $\theta_i = 13$ °C, außerhalb der thermischen Hülle
 Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung $t_{w,100,Jan} = 0,00$ h/d
 Kesselwirkungsgrade, Prüfstand $\eta_{k,Pn} = 0,956$ (Nennlast), $\eta_{k,Pint} = 1,046$ (Teillast)
 Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0093$ kW, monatliche Belastungsgrade β_h siehe Tabelle
 Verlustleistungen im Januar $P_{gen,Pn} = 2,91$ kW, $P_{gen,Pint} = 0,71$ kW, $P_{gen,P0} = 0,16$ kW (Gl.183 ff)
 elektrische Leistungsaufnahme $P_{aux,Pn} = 0,258$ kW, $P_{aux,Pint} = 0,086$ kW, $P_{aux,P0} = 0,015$ kW

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

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	4.613	14.223	28.309	37.269	36.081	29.976	22.791	189.187
$\beta_{h,1}$		0,09	0,23	0,37	0,41	0,39	0,38	0,29	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	1	633	1.777	2.794	2.684	2.111	1.389	11.852
$Q_{h,f}$	kWh	4.837	14.877	29.890	39.568	38.268	31.727	23.911	199.707
$W_{h,gen}$	kWh	24	53	93	119	115	97	78	682

(2) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	1.678	3.372	5.096	6.344	6.277	5.368	4.853	38.261
$\beta_{h,1}$		0,62	0,75	0,90	0,94	0,94	0,92	0,85	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	0	72	184	286	277	219	150	1.254
$Q_{h,f}$	kWh	1.797	3.633	5.555	6.962	6.884	5.875	5.278	41.668
$W_{h,gen}$	kWh	27	45	62	75	75	64	60	516

(3) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	28	3.396	7.037	9.485	9.260	7.659	6.164	45.424
$\beta_{h,1}$		–	0,22	0,40	0,48	0,47	0,44	0,35	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	1	183	445	666	643	513	362	2.947
$Q_{h,f}$	kWh	29	3.578	7.483	10.151	9.903	8.172	6.526	48.371
$W_{h,gen}$	kWh	11	32	55	71	70	58	50	417

13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	6.663	22.089	42.928	56.680	55.055	45.774	35.715	289.745
W_h	kWh	63	170	294	378	370	310	261	2.152

Erdgas	kWh	6.626	22.070	42.929	56.649	55.072	45.816	35.687	289.668
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	1,5	3,3	7,2	9,8	9,5	8,6	5,9	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,2	0,4	0,8	1,2	1,1	1,0	0,7	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	1,1	2,1	3,8	5,0	5,0	4,6	3,5	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,7	1,6	3,4	4,6	4,5	4,0	2,7	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,1	0,3	0,6	0,8	0,7	0,7	0,5	
$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	1,3	2,8	6,0	8,2	8,0	7,3	4,9	
$Q_{I,h,<7>}$	kWh/d	0,0	1,3	2,8	3,6	3,5	3,2	2,4	

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

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

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

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelte Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{Hs/Hi}$	Q_P kWh/a
Erdgas	Heizwärme	*	289.668	1,10	1,11	287.058
solar	Warmwasser		38.559	0,00	1,00	-
Strom-Mix	Warmwasser	2/3/	102.439	1,80	1,00	184.391
Erdgas	Warmwasser	2/3/	112.498	1,10	1,11	111.484
Strom-Mix	Beleuchtung	**	18.303	1,80	1,00	32.946
Strom-Mix	Hilfsenergie		31.784	1,80	1,00	57.211
Σ [kWh/Jahr]			593.252			673.090

* = 1/2/3/4/5/6/7/

** = 1/2/3/4/5/6/7/

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

Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 673.090 / 2.566 = 262,3$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 2.566$ m²)

Endenergie (brennwertbezogen) = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 12,4 kWh/(m²a), Erdgas 156,7 kWh/(m²a), solar 15,0 kWh/(m²a), Strom-Mix 47,1 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m²a)
Erdgas	260.962	240	62.631	
solar	38.559		-	
Strom-Mix	102.439	560	57.366	
Erdgas	101.350	240	24.324	
Strom-Mix	18.303	560	10.250	
Strom-Mix	31.784	560	17.799	

553.397

172.370

67,2

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		RLT 9	Beleucht. 10	Klima 11	Warmwasser 12	Heizung 13	Summe
Zone	m ²	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
1 Klassenzimmer	755	-	5.939	-	-	50.403	56.342
2 Küche	89	-	2.618	-	18.541	38.786	59.945
3 Sanitär	208	-	2.701	-	196.379	41.666	240.745
4 Speiseraum/ For	355	-	4.504	-	-	60.651	65.155
5 Sonstiges	60	-	911	-	-	5.192	6.103
6 Verkehrsfläche	635	-	1.627	-	-	44.657	46.284
7 Sporthalle	464	-	-	-	-	48.373	48.373
Gebäude	2.566	-	18.303	-	214.941	289.750	522.995

Endenergie = Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

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

14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

	RLT kWh/m ² a	Beleucht. kWh/m ² a	Klima kWh/m ² a	Warmwasser kWh/m ² a	Heizung kWh/m ² a	Summe kWh/m ² a
Nutzenergiebedarf	11,3	7,1	0,0	78,9	93,0	190,3
Endenergiebedarf	11,3	7,1	0,0	99,1	113,7	231,2
Primärenergiebedarf	20,3	12,8	0,0	115,8	113,4	262,3

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

15.0 Primärenergie-Referenzwert

vorh $q_P = 262,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien

17.1 Nutzung von erneuerbaren Energien nach GEG 2020, §§ 52 ff

Nachweis für renovierte, öffentliche Gebäude

Wärme- und Kälteenergiebedarf = $504605 + 0 + 0 + 0 = 504.605 \text{ kWh/Jahr}$ (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

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

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Nachweis mit $HT'_{\text{Grenzwert}} = HT'_{\text{Referenzberechnung}} \cdot 1,4$, ohne Nachweis der QP-Unterschreitung

Grenzwert	erzielt	Unterschreitung erzielt	Unterschreitung gefordert	Nutzungs- anteil
-----------	---------	----------------------------	------------------------------	---------------------

HT' - Wert	W/ (m ² K)	0,00	0,48	0,0 %	10,0 %	0,0 %
------------	-----------------------	------	------	-------	--------	-------

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

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



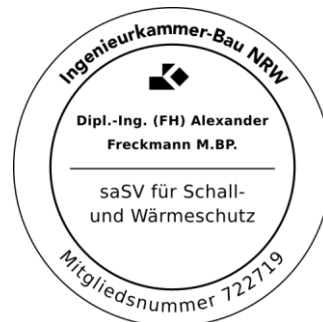
Wärmeschutznachweis

Seiten 1 - 80

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