



Bauakustik
Raumakustik
Schallimmissionsschutz
Schallschutz am
Arbeitsplatz

Bauphysik
Wärmeschutz
Feuchteschutz
Luftdichtigkeit

Messungen DIN 4109
Messungen nach TA Lärm

Staatlich anerkannte
Sachverständige für
Schall- und Wärmeschutz
Ing.-Kammer-Bau NRW
Architektenkammer NRW

GEG 2023

ENERGETISCHE BERECHNUNG GEMÄSS

GEBÄUDEENERGIEGESETZ

PROFILSCHULE ASCHEBERG

HAUS A (2)

BAHNHOFSWEG 5 IN 59387 ASCHEBERG

BNr. 7562-1 M 2023 - LPIII

Saniertes Nichtwohngebäude
Wärmeschutznachweis GEG 2023
Anforderungen gemäß §§ 48, 50
Nachweis sommerlicher Wärmeschutz § 14
Nachweis KfW-Effizienzgebäude 70

Bauherr : Gemeinde Ascheberg
Dieningstraße 7
59378 Ascheberg

Planung : Lindner Lohse Architekten BDA
Westfalendamm 59
44141 Dortmund

Umfang : 56 Seiten

Bearbeitung : Dipl.-Ing. Architekt Markus Motz

Dortmund, 26. Juli 2023/ wl

Markus Motz
(Unterschrift)



Wellinghofer Amtsstr. 4
44265 Dortmund
Telefon 0231 948017-0
Telefax 0231 948017-23
e-Mail itab@itab.de
Internet www.itab.de

Geschäftsführer:
Christian Hammel Dipl.-Ing. (FH)
Markus Motz Dipl.-Ing. Architekt

Amtsgericht Dortmund
HRB 11631

Stadtparkasse
Dortmund
IBAN
DE69 4405 0199 0301 0146 19
BIC
DORTDE33XXX

Inhalt

Blatt

1.	OBJEKT UND AUFGABENSTELLUNG	3
2.	GRUNDLAGEN	4
3.	ALLGEMEINE GRUNDLAGEN DER BERECHNUNG	5
4.	KONSTRUKTION	6
5.	GEBÄUDETECHNIK	8
6.	LUFTDICHTIGKEIT	9
7.	SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ	10
8.	NUTZUNG VON ERNEUERBAREN ENERGIEEN	11
9.	NACHWEIS GEG 2023, SANIERUNG	12
10.	BUNDESFÖRDERPROGRAMME	13
11.	BAUTEILBERECHNUNG	14
12.	GEBÄUDEBERECHNUNG	22
13.	ZONIERUNG	54
14.	ERGEBNISTABELLE SWS	56

1. OBJEKT UND AUFGABENSTELLUNG

Lindner Lohse Architekten BDA planen für die Gemeinde Ascheberg die Sanierung von Haus A (2), Profilschule Ascheberg, Bahnhofsweg 5 in 59387 Ascheberg.

Das teilweise zwei- und dreigeschossige Gebäude ist in Massivbauweise errichtet und wird u.a. durch die Sanierung der äußeren thermischen Hüllen ertüchtigt.

Im Rahmen des nachfolgenden GEG-Nachweises ist die Einhaltung der Anforderungen gemäß GEG 2023, § 48 i. V. m. § 50 für ein Nichtwohngebäude nachzuweisen.

Dies beinhaltet neben dem Nachweis des Primärenergiebedarfs sowie der Höchstwertanforderung an den U-Wert der Außenwand-Bauteile (140 %-Regel) auch den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes für einen maßgebenden Raum (§ 14 GEG).

Das derzeit gültige Gebäudeenergiegesetz ist seit 01.01.2023 in Kraft und gilt für Gebäude, für die der Bauantrag nach diesem Datum gestellt wird.

Zusätzlich ist in diesem Nachweis die Förderfähigkeit gemäß den KfW-Fördergaben als KfW-Effizienzgebäude 70, gefördert im Programm „BEG Kommunen - Zuschuss (464)“ enthalten (Annahme Beantragung nach 01.01.2023).

2. GRUNDLAGEN

- a) Planunterlagen von Lindner Lohse Architekten zur Verfügung gestellt, Planstand: Vorabzug LPIII, 15.06.2023
- b) Haustechnikplanung zum Abschluss Entwurf, Fuchs Planungsgesellschaft
- c) GEG 2023
- d) DIN V 18599:2018 - Energetische Bewertung von Gebäuden -
- e) DIN V 4108-2:2013 - Mindestanforderung an den Wärmeschutz -
- f) DIN EN ISO 6946:2007 - Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient -
- g) DIN EN ISO 13789:2007 - Spezifischer Transmissionswärmeverlust Koeffizient -
- h) DIN EN ISO 13370:2007 - Wärmeübertragung über das Erdreich -
- i) DIN EN ISO 10077-1:2007 - Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Anschlüssen –
- j) Berechnungsvorgaben zum Erreichen des KfW-Effizienzgebäudestandard 70 Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Nichtwohngebäude (BEG NWG), Stand 2023, Beantragung nach 01.01.2023

Alle Normen und Richtlinien (Quelle: Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin) in der jeweiligen gültigen Fassung.

3. ALLGEMEINE GRUNDLAGEN DER BERECHNUNG

Das bestehende Schulgebäude als Nichtwohngebäude wird anhand der vorgelegten Sanierungsplanung sowie weiterer Festlegungen im Referenzwertverfahren für den öffentlich/rechtlichen Nachweis nach GEG 2023, §§ 48 und 50 i. V. m. Anlage 2 zur Begrenzung des Jahresprimärenergiebedarfs und des spezifischen Transmissionsverlustes der thermischen Hülle nach DIN V 18599:2018 als zonierte Modell im Verfahren für Nichtwohngebäude nachgewiesen.

Zusätzlich zu der hier vorliegenden Berechnung zum GEG 2023 können weitere Nachweise zum Feuchte- und Wärmeschutz notwendig werden. Hierbei handelt es sich insbesondere um Nachweise des Mindestwärmeschutzes im Bereich von Wärmebrücken sowie Dampfdiffusionsnachweise, die bei Bedarf gesondert zu führen sind.

Es wurde in der Berechnung kein Gleichwertigkeitsnachweis nach DIN 4108, Beiblatt 2 berücksichtigt. Daher gilt der pauschale Wärmebrückenbeiwert von $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Für Bauteilaufbauten, die durch die bestehenden Bauunterlagen sowie die durch Bauteilöffnungen nicht bekannt sind, wird auf Bauteilwerte entsprechend der Baualtersklasse 1969 bis 1978 der „Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung für Nichtwohngebäudebestand“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vom 08.10.2020 zurückgegriffen.

Die genauen Berechnungsschritte können der im Folgenden beigefügten detaillierten Berechnung entnommen werden. Die Bedarfsberechnung erfolgt im Programm ‚Dämmwerk 2023‘ in der aktuellsten Programmversion. Die thermische Hülle entspricht dem gesamten Schulgebäude.

Unterer thermischer Abschluss ist die Bodenplatte im Bestand, oberer thermischer Abschluss ist die ertüchtigte, oberste Geschossdecke unterhalb des flach geneigten Daches. Das Gebäude verfügt über insgesamt 2 Vollgeschosse zuzüglich eines dreigeschossigen Gebäudeteils.

4. KONSTRUKTION

Das Gebäude ist als Massivkonstruktion errichtet und verfügt über tragende massive Außenwandkonstruktionen im Bestand. Die Außenwandkonstruktion wird durch eine hinterlüftete und gedämmte Fassadenkonstruktion energetisch ertüchtigt. Im Sockelbereich handelt es sich bei der Konstruktion um eine kerngedämmte Vorsatzschale aus Stahlbetonfertigteilen. Die Bauteilberechnungen können den weiteren Punkten entnommen werden. Die U-Werte der bestehenden sowie der geplanten Bauteile sind.

- | | |
|--|---|
| - DE01, Decke nach oben, ertüchtigt | $U = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ |
| - AW03, Außenwand, hinterlüftet | $U = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ |
| - AW04, Außenwand, zweischalig, Sockelbereich | $U = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ |
| - BP04, Bodenplatte, Bestand, Verkehrsflächen
(U-Wert ermittelt nach Baualtersklasse, 5 m Randstreifen,
Mindestwärmeschutz nach DIN 4108:2-2013 ist nicht eingehalten,
Bestandsbauteil) | $U = 1,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ |
| - BP05, Bodenplatte, Bestand, Klassenräume
(U-Wert ermittelt nach Bauteilöffnung, 5 m Randstreifen) | $U = 0,57 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ |
| - FE01, Fenster/Fenstertüren | $U_w \leq 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ |
| - PR01, Pfosten-Riegel-Fassade | $U_{cw} \leq 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ |

Für Fenster, Türen, Pfosten-Riegel-Fassade wird ein pauschaler Wärmedurchgangskoeffizient für das jeweilige Gesamtbauteil berücksichtigt. Die in der Nachweisführung berücksichtigten Bauteileigenschaften sind durch Prüfzeugnisse des Herstellers bei Angebotsabgabe bzw. spätestens bei Ausführung nachzuweisen.

Zum Erreichen des GEG-Sanierungsstandards sind die oben genannten Bauteileigenschaften sicher ausreichend (140%-Regel). Um den KfW-Effizienzgebäudestandard 70 zu erreichen, gelten die Werte der Bauteile als Höchstwerte. Diese dürfen auch bei Änderungen in der Bauphase nicht überschritten werden. Anpassungen sind mitzuteilen.

Wärmebrückeneinflüsse werden pauschal berücksichtigt (+ 0,10 W/(m² K)).

5. GEBÄUDETECHNIK

Das Gebäude wird durch eine Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Wärme versorgt. Für die Bilanzierung der Wärmepumpe werden die Standardwerte der DIN V 18599 berücksichtigt. Im weiteren Planungsverlauf können die weitaus günstigeren Herstellerdaten berücksichtigt werden.

Für den Nachweis wurden weitere Angaben der Haustechnikplanung übernommen. Die wichtigsten Angaben sind im Einzelnen:

- Freie Heizflächen unterhalb der Fensterflächen VL/RK 55/45°C, ΔT 10K
- Wärmeerzeugung durch Sole-Wasser-Wärmepumpe
- Warmwasserbereitung dezentral mit elektrischen Durchlauferhitzern in allen Bereichen
- natürliche Fensterlüftung in allen Bereichen

Zum Erreichen des Effizienzgebäudestandard 70 wird die vorhandene Photovoltaikanlage berücksichtigt. Im Nachweis wird eine Anlage mit einer Spitzenleistung von 66 kW_{peak} angerechnet (264 Module). Der Anschluss der Anlage im räumlichen Verbund an die beiden Gebäude ist sicherzustellen, inkl. dem vorrangigen Verbrauch des Stromertrages im Gebäude.

Für die Beleuchtung sind in allen Bereichen LED-Leuchten als direkte/indirekte Beleuchtung, ohne Präsenzmelder, mit tageslichtabhängiger Dimmung berücksichtigt.

6. LUFTDICHTIGKEIT

Die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen ist dauerhaft luftundurchlässig entsprechend den anerkannten Regeln der Technik auszuführen (siehe auch § 13, GEG 2023). In der Berechnung ist eine Druckdifferenzmessung nach Fertigstellung bzw. nach Einbringen der inneren Luftdichtheitsebene berücksichtigt. Die Ergebnisse der Messungen sind dem Ersteller mitzuteilen.

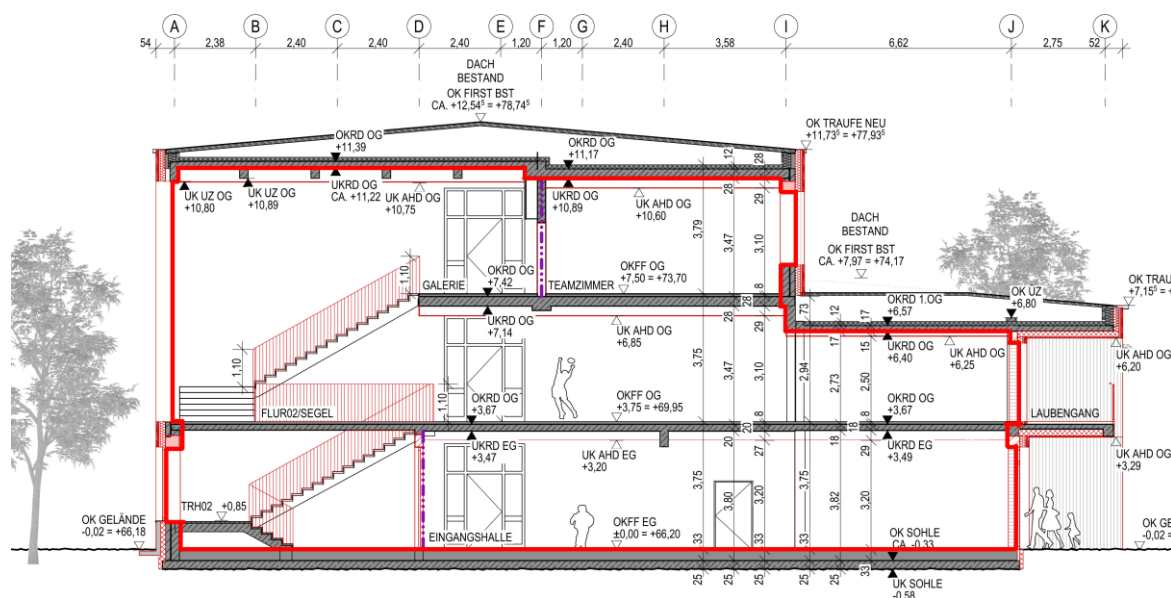


Abbildung 1 innere Dichtheitsebene

7. SOMMERLICHER WÄRMESCHUTZ

Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes erfolgt anhand des Nachweises der Übertemperaturgradstunden [Kh/a] für folgende Räume:

- A2.44 Differenzierung
- A1.21 Integration / Mehrzweck 7-8 Lernraum / Differenzierung

In Nichtwohngebäuden sind im Jahresverlauf 500 Kh/a zulässig.

A2.44 Differenzierung **Nord+Ost-Ausrichtung**

Übertemperaturgradstunden zulässig 500 Kh/a

Übertemperaturgradstunden vorhanden 472 Kh/a

Anforderung erfüllt!

A1.21 Integration / Mehrzweck 7-8 Lernraum / Differenzierung **Süd+West-Ausrichtung**

Übertemperaturgradstunden zulässig 500 Kh/a

Übertemperaturgradstunden vorhanden 454 Kh/a

Anforderung erfüllt!

Der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes erfolgt an allen Fassaden durch außenliegende Verschattung (Rollläden oder Raffstore, 45° Stellung), Verglasung mit einem g-Wert von $\leq 0,33$ unter Berücksichtigung der erhöhten Taglüftung bei Bedarf.

Bei gleicher Ausstattung mit Sonnenschutzeinrichtungen ist davon auszugehen, dass auch in den anderen Räumen mit jeweils gleicher Ausrichtung die zulässige Anzahl der Übertemperaturgradstunden eingehalten wird.

Ergebnistabelle unter Punkt 14.

8. NUTZUNG VON ERNEUERBAREN ENERGIEN

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

Nachweis für privat genutzte Gebäude

Ein Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien ist nicht erforderlich (Modernisierung)

Wärme- und Kälteenergiebedarf = $136346 + 0 + 157241 + 0 = 293.587$ kWh/Jahr (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil		Nutzungs- anteil
		erzielt	gefordert	
Umweltenergie [Hzg-WP]	242.708	82,7 %	50,0 %	165,4 %
PV-Strom [PV-Strom]	46.760	15,9 %	15,0 %	106,0 %
				271,4 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

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

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs-
				erzielt	gefordert	anteil
HT' - Wert	W/(m²K)	0,42	0,41	3,7 %	15,0 %	24,4 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 295,8 % ≥ Nutzungspflichtanteil = 100 %

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

Ein Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien ist nicht erforderlich (Modernisierung)

9. NACHWEIS GEG 2023, SANIERUNG

Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3
in Bestandsgebäuden mit $U_{\max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1.25$ (§ 50 mit Rundungsregel)

		opake Bauteile [W/ (m ² K)]	Fenster [W/ (m ² K)]	Vorhangf. [W/ (m ² K)]	Oberl. [W/ (m ² K)]
U_{\max}	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{\max}	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$		0,26	1,00		

für den U_{\max} -Nachweis wurden reduzierte Grundflächen (Randstreifen) berücksichtigt:

- " 9 F 0100 FG ", $A_{\text{Rand}} = 173,0 - 54,0 \text{ m}^2$, $U_{\text{Rand}} = 0,570 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- " 13 F 0200 FG ", $A_{\text{Rand}} = 75,8 - 74,0 \text{ m}^2$, $U_{\text{Rand}} = 0,570 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- " 23 F 0500 FG ", $A_{\text{Rand}} = 170,6 - 13,0 \text{ m}^2$, $U_{\text{Rand}} = 0,570 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- " 21 F 0400 FG ", $A_{\text{Rand}} = 26,6 - 27,6 \text{ m}^2$, $U_{\text{Rand}} = 0,570 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- " 30 F 0600 FG ", $A_{\text{Rand}} = 129,0 - 110,6 \text{ m}^2$, $U_{\text{Rand}} = 1,200 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- " 42 F 0900 FG ", $A_{\text{Rand}} = 182,9 - 69,7 \text{ m}^2$, $U_{\text{Rand}} = 0,570 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten
Nachweis erbracht

Nachweis des Primärenergiebedarfs

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 50
zul $q_{p,\text{REF}} = 1.4 \cdot 124,0 = 173,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ (140%-Regel), aus der Referenzberechnung
vorh $q_p = 175.944 / 2992,1 = 58,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

vorh $q_p = 58,8 \leq 173,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Grenzwert wird eingehalten

10. BUNDESFÖRDERPROGRAMME

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 = "230616-Haus-A-KfW-Referenz2020"

Bestandsberechnung = "230616-Haus-A-KfW-Referenz2020"

Endenergieeinsparung	220.003 kWh/a
Primärenergieeinsparung	197.446 kWh/a
CO ₂ -Einsparung	38.825 kg/a

		Primärenergiebedarf		----- mittlere U-Werte -----				
		Q _P ''	Opake	Fenster	Vorhf.	Oberl.		
		kWh/ (m²a)	W/ (m²K)	W/ (m²K)	W/ (m²K)	W/ (m²K)		
Referenzberechnung		100 %	124,0					
erreicht T _i >= 19°C		47 %	58,8	0,26	1,00			
Effizienzgebäude	Denkmal	160 %	198,4				OK	
Effizienzgebäude	100	100 %	124,0	0,34	1,80	1,80	OK	
Effizienzgebäude	70	70 %	86,8	0,26	1,40	1,40	OK	
Effizienzgebäude	55	55 %	68,2	0,22	1,20	1,20		
Effizienzgebäude	40	40 %	49,6	0,18	1,00	1,00		

EE-Paket NWG (Nutzung Erneuerbarer Energien)

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

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

EE_{genutzt} = 201.397 kWh/Jahr

EE_{Soll} = 0,65 * 293587 = 190.831 kWh/Jahr (65% des Wärme- und Kältebedarfs)

EE_{genutzt} >= EE_{Soll} (65%), die Anforderung für das EE-Paket **wird nicht erfüllt (fehlende Lüftungsanlage)**

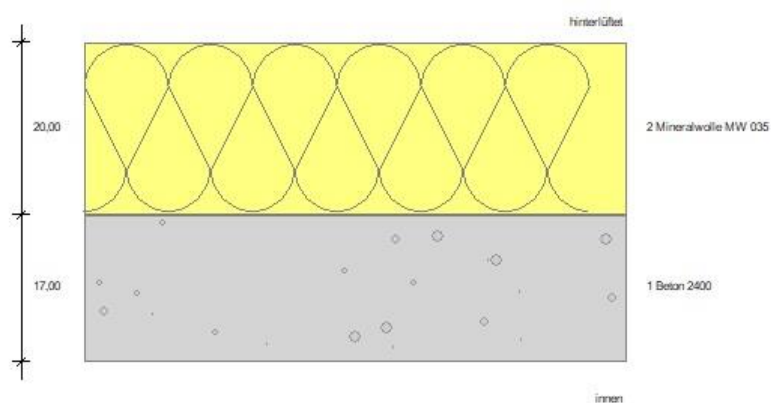
11. BAUTEILBERECHNUNG

Bauteilquerschnitt

Projekt 7562_Profilschule-Ascheberg_Haus A

Bauteil: Decke nach oben (DE01)

(Ref-No 1.0)



Decke nach oben
 $U = 0,17 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

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	17,00	2400	408,0	2,000	0,085
02 Mineralwolle MW 035	20,00	20	4,0	0,035	5,714
R_{se}					0,100
<hr/>					
d =	37,00	G =	412,0	$R_T =$	6,00

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

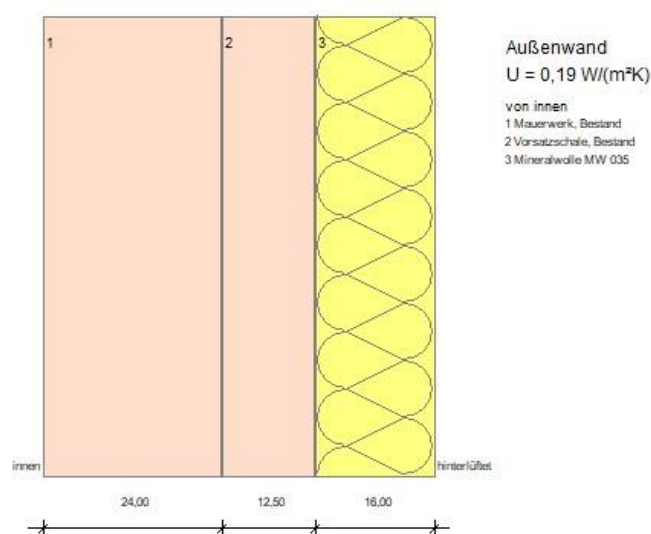
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,167 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 7562_Profilschule-Ascheberg_Haus A

Bauteil: Außenwand (AW03)

(Ref-No 1.0)



Bauteiltyp "Außenwand hinterlüftet" (4)

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

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Mauerwerk, Bestand	24,00	2000	480,0	0,960	0,250
02 Vorsatzschale, Bestand	12,50	2000	250,0	0,960	0,130
03 Mineralwolle MW 035	16,00	20	3,2	0,035	4,571
R_{se}					0,130
<hr/>					
	d = 52,50	G =	733,2	$R_T =$	5,21

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U_c = 0,192 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,000 Korrektur für Mauerwerksanker über Luftschicht

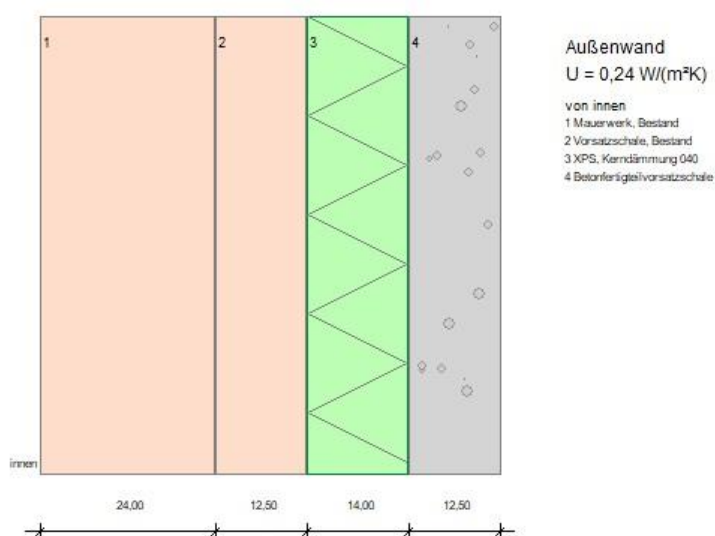
U-Wert Gesamtkorrektur < 3% $\Rightarrow U = 0,192 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

Bauteilquerschnitt

Projekt 7562_Profilschule-Ascheberg_Haus A

Bauteil: Außenwand (AW04)

(Ref-No 1.0)



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

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,130
01 Mauerwerk, Bestand	24,00	2000	480,0	0,960	0,250
02 Vorsatzschale, Bestand	12,50	2000	250,0	0,960	0,130
03 XPS, Kerndämmung 040	14,00	25	3,5	0,040	3,500
04 Betonfertigteilevorsatzschale	12,50	2400	300,0	2,000	0,063
R_{se}					0,040
<hr/>					
d =	63,00	G =	1033,5	$R_T =$	4,11

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

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

0,000 Korrektur für Mauerwerksanker über Luftschicht

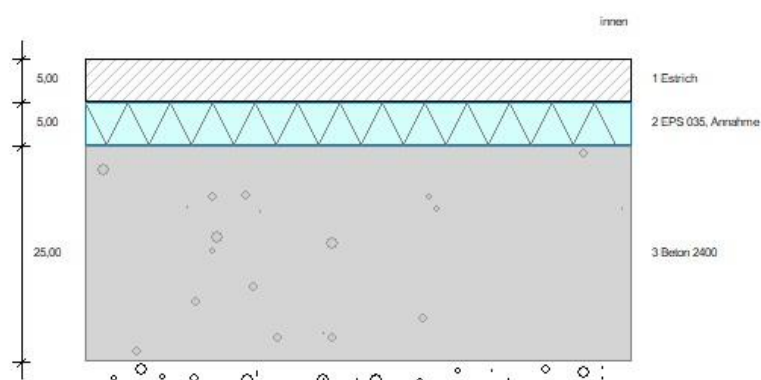
U-Wert Gesamtkorrektur < 3% $\Rightarrow U = 0,243 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

Bauteilquerschnitt

Projekt 7562_Profilschule-Ascheberg_Haus A

Bauteil: Bodenplatte, Bestand (BP05)

(Ref-No 1.0)



Bodenplatte, Bestand
 $U = 0,57 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/(mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Estrich	5,00	2000	100,0	1,400	0,036
02 EPS 035, Annahme	5,00	20	1,0	0,035	1,429
03 Beton 2400	25,00	2400	600,0	2,000	0,125
R_{se}					0,000
<hr/>					
	d = 35,00	G =	701,0	$R_T =$	1,76

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

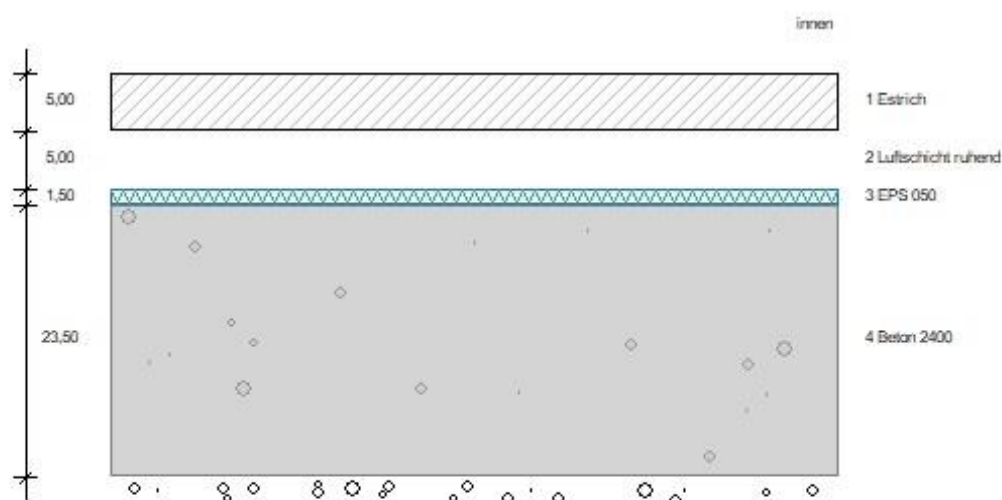
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,568 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt

Projekt 7562_Profilschule-Ascheberg_Haus A

Bauteil: Bodenplatte,Bestand (BP04)

(Ref-No 1.0)



Bodenplatte,Bestand
 $U = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" (9)

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

(Ref-No 1.3)

von innen	s cm	ρ kg/m ³	kg/m ²	λ W/ (mK)	R m ² K/W
R_{si}					0,170
01 Estrich	5,00	2000	100,0	1,400	0,036
02 Luftschicht ruhend	5,00	1	0,1	-	0,210
03 EPS 050	1,50	20	0,3	0,050	0,300
04 Beton 2400	23,50	2400	564,0	2,000	0,117
R_{se}					0,000
<hr/>					
d =	35,00	G =	664,4	$R_T =$	0,83

Wärmedurchgangskoeffizient

(Ref-No 1.8)

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,200 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (ohne Korrekturen)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

(Ref-No 1.8.1)

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

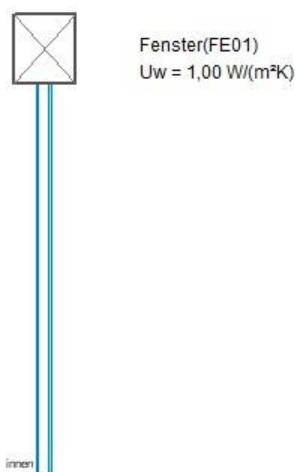
R $0,66 < 0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$ nicht zulässig

Bauteilquerschnitt

Projekt 7562_Profilschule-Ascheberg_Haus A

Bauteil: Fenster(FE01) (FE01)

(Ref-No 1.0)



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

(Ref-No 1.5.1)

Dreischeibenverglasung, $t_{D65} = 0,78$

Fensterrahmen aus Profilen

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

(Ref-No 1.5.5)

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

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, verbesserter Randverbund, 20%
Rahmenanteil, Tab. H.4

mit $U_g = 0,80$ und $U_f = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

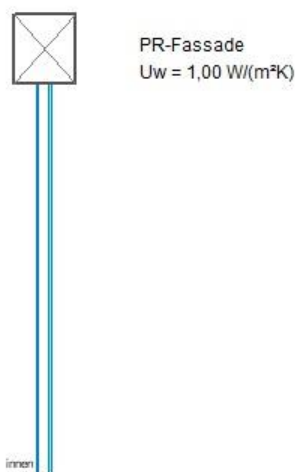
$U_W = 1,00 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ wird für die weiteren Berechnungen angenommen

Bauteilquerschnitt

Projekt 7562_Profilschule-Ascheberg_Haus A

Bauteil: PR-Fassade (PR01)

(Ref-No 1.0)



Bauteiltyp "Fenster" (20)

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

Fenster

(Ref-No 1.5.1)

Isolierverglasung 4-8-4-8-4, Edelgasfüllung, $U_g = 0,75$, $t_{D65} = 0,78$

Fensterrahmen aus Profilen

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1

(Ref-No 1.5.5)

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

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, verbesserter Randverbund, 20%
Rahmenanteil, Tab. H.4

mit $U_g = 0,80$ und $U_f = 1,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

12. GEBÄUDEBERECHNUNG

Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: 7562_Profilschule-Ascheberg_Haus A

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 "230721-Haus-A-KfW"

(Ref-No 5.0)

Nachweisverfahren

(Ref-No 5.0.2)

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: 230616-Haus-A-KfW-Referenz2020.dwe

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

1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.1.0)

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

Zone	Typ	t_{nutz} d/a	ϑ_i °C	$\vartheta_{i, \text{WE}}$ °C	ANGF m ²	V_i m ³
<1> Lernräume	208 Klassenzimme	200	19,5	17,4	1359	3989
<2> Hauswirtschaft	208 Klassenzimme	200	19,5	17,3	264	806
<3> Verkehrsflächen	219 Verkehrsfläc	250	20,1	17,5	1055	3002
<4> Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,4	169	480
<5> Lager	220 Lager, Techn	250	20,1	17,4	51	155
<6> Technik	220 Lager, Techn	250	20,0	17,4	36	111
<7> Büros	202 Gruppenbüro	250	20,0	18,3	22	68
<8> Aufenthaltsräume	202 Gruppenbüro	250	20,0	18,3	36	109
					2.992	8.720

Gebäude, $A_{\text{NGF}} = 2992,1 \text{ m}^2$

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

t_{nutz} = Nutzungstage / Jahr \Rightarrow Nutzungsanteile für den Regel- und Wochenendbetrieb

ANGF = 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)

(Ref-No 5.2.0)

Transferkoeffizienten H_T aus der Hüllflächentabelle nach DIN V 18599, T2

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

Hüllfläche	Zone	A m ²	U W/(m ² K)	F _x	Anmerkungen	H _T W/K
EG - Hauswirtschaft						
1 F 0101 FAW Ost	2:0	22,2	0,192	1,00 FAW	51	4,3
2 F 0101a FAW Ost	2:0	15,4	0,243	1,00 FAW	51	3,7
3 F 0103 FAW West	2:0	17,4	0,192	1,00 FAW	51	3,4
4 F 0103a FAW West	2:0	15,4	0,243	1,00 FAW	51	3,7
5 F 0104 FAW Süd	2:0	25,8	0,192	1,00 FAW	51	4,9
6 F 0104a FAW Süd	2:0	11,0	0,243	1,00 FAW	51	2,7
7 A 0101 FF Ost	2:0	13,7	1,000	1,00 FF	51 02	13,7
8 A 0103 FF West	2:0	18,4	1,000	1,00 FF	51 02	18,4
9 F 0100 FG	2:0	173,0	0,568	0,45 F _{fb}	18 51 19 25	44,2
EG - Sanitär						
10 F 0201 FAW Ost	4:0	19,1	0,192	1,00 FAW	51	3,7
11 F 0201a FAW Ost	4:0	9,6	0,243	1,00 FAW	51	2,3
12 A 0201 FF Ost	4:0	3,2	1,000	1,00 FF	51 02	3,2
13 F 0200 FG	4:0	75,8	0,568	0,45 F _{fb}	18 51 19 25	19,4
EG - Hausmeister Büro						
17 F 0300 FG	9:0	24,2	0,568	0,45 F _{fb}	51 19 25 14	6,2
EG - TRH1						
18 F 0404 FAW Süd	3:0	4,8	0,192	1,00 FAW	51	0,9
19 F 0404a FAW Süd	3:0	3,4	0,243	1,00 FAW	51	0,8
20 A 0404 FF Süd	3:0	3,2	1,000	1,00 FF	51 02	3,2
21 F 0400 FG	3:0	26,6	1,200	0,35 F _{fb}	18 51 19 25	11,2
EG - Eingangshalle						
22 A 0503 FF Ost	3:0	19,8	1,000	1,00 FF	51 02	19,8
23 F 0500 FG	3:0	170,6	1,200	0,35 F _{fb}	18 51 19 25	71,7
EG - Technik Werkraum						
24 F 0605 FAW West	2:0	5,9	0,192	1,00 FAW	51	1,1
25 F 0605a FAW West	2:0	7,6	0,243	1,00 FAW	51	1,9
26 F 0606 FAW Süd	2:0	16,3	0,192	1,00 FAW	51	3,1
27 F 0606a FAW Süd	2:0	14,4	0,243	1,00 FAW	51	3,5
28 A 0605 FF West	2:0	11,9	1,000	1,00 FF	51 02	11,9
29 A 0606 FF Süd	2:0	17,3	1,000	1,00 FF	51 02	17,3
30 F 0600 FG	2:0	129,0	0,568	0,45 F _{fb}	18 51 19 25	33,0
EG - Hausmeister Werksta						
31 F 0703 FAW West	5:0	3,3	0,192	1,00 FAW	51	0,6
32 F 0703a FAW West	5:0	7,1	0,243	1,00 FAW	51	1,7
33 A 0703 FF West	5:0	13,4	1,000	1,00 FF	51 02	13,4
34 F 0700 FG	5:0	55,3	0,568	0,45 F _{fb}	18 51 19 25	14,1
EG - TRH2						

35 F 0803 FAW West	3:0	2,4	0,192	1,00 FAW	51	0,5
36 F 0803a FAW West	3:0	1,9	0,243	1,00 FAW	51	0,5
37 A 0803 FF West	3:0	11,6	1,000	1,00 FF	51 02	11,6
38 F 0800 FG	3:0	37,1	1,200	0,35 Ffb	51 19 25 14	15,6
EG - Differenzierungs- u						
39 F 0907 FAW West	1:0	5,2	0,192	1,00 FAW	51	1,0
40 F 0907a FAW West	1:0	22,9	0,243	1,00 FAW	51	5,6
41 A 0907 FF West	1:0	48,2	1,000	1,00 FF	51 02	48,2
42 F 0900 FG	1:0	182,9	0,568	0,45 Ffb	18 51 19 25	46,8
EG - TRH3						
43 F 1002 FAW Nord	3:0	11,4	0,192	1,00 FAW	51	2,2
44 F 1002a FAW Nord	3:0	8,0	0,243	1,00 FAW	51	1,9
45 F 1003 FAW West	3:0	9,1	0,192	1,00 FAW	51	1,7
46 F 1003a FAW West	3:0	3,9	0,243	1,00 FAW	51	0,9
47 A 1002 FF Nord	3:0	7,3	1,000	1,00 FF	51 02	7,3
48 F 1000 FG	3:0	31,9	1,200	0,35 Ffb	51 19 25 14	13,4
EG - Flur						
49 F 1102 FAW Nord	3:0	2,4	0,192	1,00 FAW	51	0,5
50 F 1102a FAW Nord	3:0	3,2	0,243	1,00 FAW	51	0,8
51 A 1102 FF Nord	3:0	5,0	1,000	1,00 FF	51 02	5,0
52 F 1100 FG	3:0	88,2	1,200	0,35 Ffb	51 19 25 14	37,1
EG - HAR Hausmeister Lag						
53 F 1201 FAW Ost	6:0	5,1	0,192	1,00 FAW	51	1,0
54 F 1201a FAW Ost	6:0	1,7	0,243	1,00 FAW	51	0,4
55 A 1201 FF Ost	6:0	10,1	1,000	1,00 FF	51 02	10,1
56 F 1200 FG	6:0	39,5	0,568	0,45 Ffb	51 19 25 14	10,1
EG - Lernräume						
57 F 1301 FAW Ost	1:0	4,9	0,192	1,00 FAW	51	0,9
58 F 1301a FAW Ost	1:0	20,6	0,243	1,00 FAW	51	5,0
59 A 1301 FF Ost	1:0	43,2	1,000	1,00 FF	51 02	43,2
60 F 1300 FG	1:0	160,7	1,200	0,35 Ffb	51 19 25 14	67,5
1.OG - Kunst						
61 F 1408 FD	1:0	190,4	0,167	1,00 FD	51	31,8
62 F 1401 FAW Ost	1:0	23,2	0,192	1,00 FAW	51	4,5
63 F 1406 FAW West	1:0	32,4	0,192	1,00 FAW	51	6,2
64 F 1407 FAW Süd	1:0	28,8	0,192	1,00 FAW	51	5,5
65 A 1401 FF Ost	1:0	20,3	1,000	1,00 FF	51 02	20,3
66 A 1406 FF West	1:0	14,2	1,000	1,00 FF	51 02	14,2
1.OG - Sanitär						
67 F 1505 FD	4:0	59,0	0,167	1,00 FD	51	9,8
68 F 1501 FAW Ost	4:0	20,3	0,192	1,00 FAW	51	3,9
69 A 1501 FF Ost	4:0	1,8	1,000	1,00 FF	51 02	1,8
1.OG - Flur - SeGeL						
70 F 1609 FD	3:0	82,3	0,167	1,00 FD	51	13,7
71 F 1601 FAW Ost	3:0	12,1	0,192	1,00 FAW	51	2,3
72 A 1601 FF Ost	3:0	19,2	1,000	1,00 FF	51 02	19,2
73 A 1603 FF West	3:0	31,6	1,000	1,00 FF	51 02	31,6
1.OG TRH1						
74 F 1704 FAW Süd	3:0	8,2	0,192	1,00 FAW	51	1,6
75 A 1704 FF Süd	3:0	3,2	1,000	1,00 FF	51 02	3,2
1.OG - Integration Mehrz						
76 F 1803 FAW West	1:0	8,5	0,192	1,00 FAW	51	1,6
77 F 1804 FAW Süd	1:0	14,4	0,192	1,00 FAW	51	2,8
78 A 1803 FF West	1:0	11,6	1,000	1,00 FF	51 02	11,6
79 A 1804 FF Süd	1:0	15,5	1,000	1,00 FF	51 02	15,5

1.OG - Integration Mehrz							
80 F 1905 FAW Nord	1:0	16,8	0,192	1,00 FAW	51		3,2
81 A 1905 FF Nord	1:0	15,5	1,000	1,00 FF	51 02		15,5
1.OG - Differenzierungs-							
82 F 2005 FAW West	1:0	21,6	0,192	1,00 FAW	51		4,2
83 A 2005 FF West	1:0	21,9	1,000	1,00 FF	51 02		21,9
1.OG - TRH3							
84 F 2102 FAW Nord	3:0	22,5	0,192	1,00 FAW	51		4,3
85 F 2103 FAW West	3:0	13,0	0,192	1,00 FAW	51		2,5
86 A 2102 FF Nord	3:0	4,2	1,000	1,00 FF	51 02		4,2
1.OG - Flur							
87 F 2208 FAW Nord	3:0	6,4	0,192	1,00 FAW	51		1,2
88 A 2208 FF Nord	3:0	4,2	1,000	1,00 FF	51 02		4,2
1.OG - Differenzierungs-							
89 F 2301 FAW Ost	1:0	44,2	0,192	1,00 FAW	51		8,5
90 F 2302 FAW Nord	1:0	25,5	0,192	1,00 FAW	51		4,9
91 A 2301 FF Ost	1:0	41,3	1,000	1,00 FF	51 02		41,3
2.OG - Sanitär							
92 F 2407 FD	4:0	50,3	0,167	1,00 FD	51		8,4
93 F 2401 FAW Ost	4:0	17,9	0,192	1,00 FAW	51		3,4
94 A 2401 FF Ost	4:0	15,5	1,000	1,00 FF	51 02		15,5
2.OG - Integration Diffe							
95 F 2505 FD	1:0	37,1	0,167	1,00 FD	51		6,2
96 F 2501 FAW Ost	1:0	8,1	0,192	1,00 FAW	51		1,6
97 A 2501 FF Ost	1:0	7,7	1,000	1,00 FF	51 02		7,7
2.OG - Teamzimmer							
99 F 2601 FAW Ost	9:0	8,6	0,192	1,00 FAW	51		1,7
2.OG - Galerie							
101 F 2707 FD	3:0	153,4	0,167	1,00 FD	51		25,6
102 F 2706 FAW Süd	3:0	2,9	0,192	1,00 FAW	51		0,6
103 A 2703 FF West	3:0	40,1	1,000	1,00 FF	51 02		40,1
104 A 2706 FF Süd	3:0	3,9	1,000	1,00 FF	51 02		3,9
2.OG - Integration Lernr							
105 F 2805 FD	1:0	71,6	0,167	1,00 FD	51		12,0
106 F 2803 FAW West	1:0	13,9	0,192	1,00 FAW	51		2,7
107 F 2804 FAW Süd	1:0	30,6	0,192	1,00 FAW	51		5,9
108 A 2803 FF West	1:0	11,6	1,000	1,00 FF	51 02		11,6
2.OG - Integration / SV							
109 F 2907 FD	1:0	76,2	0,167	1,00 FD	51		12,7
110 F 2905 FAW Nord	1:0	16,8	0,192	1,00 FAW	51		3,2
111 A 2905 FF Nord	1:0	15,5	1,000	1,00 FF	51 02		15,5
2.OG - Differenzierungs-							
112 F 3007 FD	1:0	102,6	0,167	1,00 FD	51		17,1
113 F 3005 FAW West	1:0	21,6	0,192	1,00 FAW	51		4,2
114 A 3005 FF West	1:0	21,9	1,000	1,00 FF	51 02		21,9
1.OG - TRH3							
115 F 3105 FD	3:0	31,9	0,167	1,00 FD	51		5,3
116 F 3102 FAW Nord	3:0	22,5	0,192	1,00 FAW	51		4,3
117 F 3103 FAW West	3:0	13,0	0,192	1,00 FAW	51		2,5
118 A 3102 FF Nord	3:0	4,2	1,000	1,00 FF	51 02		4,2
2.OG - Flur							
119 F 3217 FD	3:0	88,3	0,167	1,00 FD	51		14,8
120 F 3208 FAW Nord	3:0	6,4	0,192	1,00 FAW	51		1,2
121 A 3208 FF Nord	3:0	4,2	1,000	1,00 FF	51 02		4,2
2.OG - Differenzierungs-							
122 F 3311 FD	1:0	202,1	0,167	1,00 FD	51		33,8

123	F	3301	FAW Ost	1:0	44,2	0,192	1,00	F _{AW}	51	8,5
124	F	3302	FAW Nord	1:0	25,5	0,192	1,00	F _{AW}	51	4,9
125	A	3301	FF Ost	1:0	41,3	1,000	1,00	F _F	51 02	41,3

 $\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 3.767,8$
 $\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 1.345,1$

Bodenplattenmaß B' (25) = $A_G / (0.5 P) = 1194,88 / 81,22 = 14,71 \text{ m}$
keine weiteren Bodenplatten

Anmerkungen zur Hüllflächen-Tabelle

- 01 Temperatur-Korrekturfaktoren (F_x-Faktoren) nach DIN V 18599-2, Tab.5
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 18 Die Fläche der Bodenplatte wird für den U_{max}-Nachweis reduziert (5m-Streifen)
- 19 Temperatur-Korrekturfaktoren F_x für untere Gebäudeabschlüsse nach DIN V 18599:2018-2, Tab.6
- 25 F_x-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,05 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.

2.1 Wärmebrücken

(Ref-No 5.2.1)

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

H_{T,WB} = 188,4 W/K (14,0 %, 0,050 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

(Ref-No 5.2.2)

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> Lernräume	617	114	0	731	0	0
<2> Hauswirtschaft	119	77	0	197	0	0
<3> Verkehrsflächen	304	149	0	453	0	0
<4> Sanitär	66	19	0	85	0	0
<5> Lager	20	14	0	34	0	0
<6> Technik	14	10	0	24	0	0
<7> Büros	0	0	0	0	0	0
<8> Aufenthaltsräume	0	0	0	0	0	0
	1140	384		1524		

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} = $(H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.531,8 / 3.767,8 = 0,41 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis) (Ref-No 5.2.3)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3
in Bestandsgebäuden mit $U_{\max} = \text{Höchstwerte} \cdot 1.25$ (§ 50 mit Rundungsregel)

		opake Bauteile [W/(m²K)]	Fenster [W/(m²K)]	Vorhangf. [W/(m²K)]	Oberl. [W/(m²K)]
U_{\max}	$T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,40	1,90	1,90	3,10
U_{\max}	$T_i < 19^\circ\text{C}$	0,60	3,50	3,80	3,90
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$		0,26	1,00		

für den U_{\max} -Nachweis wurden reduzierte Grundflächen (Randstreifen) berücksichtigt:

- " 9 F 0100 FG ", $A_{\text{Rand}} = 173,0 - 54,0 \text{ m}^2$, $U_{\text{Rand}} = 0,570 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- " 13 F 0200 FG ", $A_{\text{Rand}} = 75,8 - 74,0 \text{ m}^2$, $U_{\text{Rand}} = 0,570 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- " 23 F 0500 FG ", $A_{\text{Rand}} = 170,6 - 13,0 \text{ m}^2$, $U_{\text{Rand}} = 0,570 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- " 21 F 0400 FG ", $A_{\text{Rand}} = 26,6 - 27,6 \text{ m}^2$, $U_{\text{Rand}} = 0,570 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- " 30 F 0600 FG ", $A_{\text{Rand}} = 129,0 - 110,6 \text{ m}^2$, $U_{\text{Rand}} = 1,200 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- " 34 F 0700 FG ", $A_{\text{Rand}} = 55,3 - 0,0 \text{ m}^2$, $U_{\text{Rand}} = 0,000 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- " 42 F 0900 FG ", $A_{\text{Rand}} = 182,9 - 69,7 \text{ m}^2$, $U_{\text{Rand}} = 0,570 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**
kleinste Grenzwertunterschreitung: $U = 0,26 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ = $0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ -35,5%

3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.3.0)

Gebäudedichtheit Regelwert, ohne RLT-Anlage mit Dichtheitsprüfung (Referenzwert, Kat.I), $n_{50} = 2,00 \text{ h}^{-1}$
Nettoraumvolumen $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 3 \cdot 3768 / 8720 = 1,30$ (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	n_{50} h^{-1}	V_A $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$	Luftwechsel		Fenster n_{win} h^{-1}	Lüftungsanlage	
				n_{nutz} h^{-1}	n_{inf} h^{-1}		$n_{\text{m,ZUL}}$ h^{-1}	$t_{\text{V,m}}$ h/d
<1> Lernräume	-	1,34	10,00	3,41	0,09	0,83	1,37	9
<2> Hauswirtschaft	-	1,91	10,00	3,27	0,13	0,79	1,34	9
<3> Verkehrsfläche	-	1,03	0,00	0,00	0,07	0,10	-	-
<4> Sanitär	-	1,70	15,00	5,29	0,12	2,14	1,42	13
<5> Lager	-	1,53	0,15	0,05	0,11	0,10	-	-
<6> Technik	-	1,52	0,15	0,05	0,11	0,10	-	-
<7> Büros	-	2,00	4,00	1,31	0,14	0,75	-	13
<8> Aufenthaltsräu	-	2,00	4,00	1,31	0,14	0,75	-	13
\Rightarrow WE-Betrieb ...								
<1> Lernräume			0,00	0,00	0,09	0,10		

<2> Hauswirtschaft	0,00	0,00	0,13	0,10
<3> Verkehrsflächen	0,00	0,00	0,07	0,10
<4> Sanitär	0,00	0,00	0,12	0,10
<5> Lager	0,00	0,00	0,11	0,10
<6> Technik	0,00	0,00	0,11	0,10
<7> Büros	0,00	0,00	0,14	0,10
<8> Aufenthaltsräume	0,00	0,00	0,14	0,10

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 5465 / 5465 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert

Zone <2> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 1081 / 1081 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert

Zone <4> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 681 / 681 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert

Zone <7> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 0 / 0 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert

Zone <8> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 0 / 0 \text{ m}^3/\text{h}$, Konstantvolumenstrom, balanciert

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Transferkoeffizienten Lüftung	V m ³	H _{V,z,Jan} W/K	H _{V,inf} W/K	H _{V,win} W/K	Σ H _V W/K	H _{V,mech} W/K	θ _{V,Jan} °C
<1> Lernräume	3.989	0	127	1121	1.249	697	2,9
<2> Hauswirtschaft	806	0	37	215	252	138	2,9
<3> Verkehrsflächen	3.002	0	74	102	176	0	
<4> Sanitär	480	0	19	349	369	125	2,9
<5> Lager	155	0	6	5	11	0	
<6> Technik	111	0	4	4	8	0	
<7> Büros	68	0	3	17	21	0	2,9
<8> Aufenthaltsräume	109	0	5	28	33	0	2,9
		0	275	1842	2118	960	

⇒ WE-Betrieb ...

<1> Lernräume	0	127	136	263
<2> Hauswirtschaft	0	37	27	64
<3> Verkehrsflächen	0	74	102	176
<4> Sanitär	0	19	16	36
<5> Lager	0	6	5	11
<6> Technik	0	4	4	8
<7> Büros	0	3	2	6
<8> Aufenthaltsräume	0	5	4	9
	0	275	296	572

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

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

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

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

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

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

4.0 Solare Wärmequellen (DIN V 18599-2)

4.1 Solare Wärmeeinträge über Fenster (Ref-No 5.4.1)

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
7 A 0101 FF Ost	2	9,57	25/ 138	44/ 44 7100	2,5/ 13,9
8 A 0103 FF West	2	12,88	17/ 117	44/ 44 "	2,3/ 15,8
12 A 0201 FF Ost	4	2,27	25/ 138	44/ 44 "	0,6/ 3,3
20 A 0404 FF Süd	3	2,26	59/ 113	44/ 44 "	1,4/ 2,7
22 A 0503 FF Ost	3	13,86	25/ 138	44/ 44 "	3,6/ 20,1
28 A 0605 FF West	2	8,35	17/ 117	44/ 44 "	1,5/ 10,3
29 A 0606 FF Süd	2	12,13	59/ 113	44/ 44 "	7,5/ 14,4
33 A 0703 FF West	5	9,35	17/ 117	44/ 44 "	1,7/ 11,5
37 A 0803 FF West	3	8,10	17/ 117	44/ 44 "	1,4/ 9,9
41 A 0907 FF West	1	33,77	17/ 117	44/ 44 "	6,0/ 41,5
47 A 1002 FF Nord	3	5,10	10/ 81	44/ 44 "	0,5/ 4,3
51 A 1102 FF Nord	3	3,53	10/ 81	44/ 44 "	0,4/ 3,0
55 A 1201 FF Ost	6	7,06	25/ 138	44/ 44 "	1,9/ 10,2
59 A 1301 FF Ost	1	30,24	25/ 138	44/ 44 "	7,9/ 43,8
65 A 1401 FF Ost	1	14,18	25/ 138	44/ 44 "	3,7/ 20,5
66 A 1406 FF West	1	9,97	17/ 117	44/ 44 "	1,8/ 12,2
69 A 1501 FF Ost	4	1,27	25/ 138	44/ 44 "	0,3/ 1,8
72 A 1601 FF Ost	3	13,45	25/ 138	44/ 44 "	3,5/ 19,5
73 A 1603 FF West	3	22,11	17/ 117	44/ 44 "	3,9/ 27,2
75 A 1704 FF Süd	3	2,26	59/ 113	44/ 44 "	1,4/ 2,7
78 A 1803 FF West	1	8,13	17/ 117	44/ 44 "	1,4/ 10,0
79 A 1804 FF Süd	1	10,84	59/ 113	44/ 44 "	6,7/ 12,9
81 A 1905 FF Nord	1	10,84	10/ 81	44/ 44 "	1,1/ 9,2
83 A 2005 FF West	1	15,35	17/ 117	44/ 44 "	2,7/ 18,9
86 A 2102 FF Nord	3	2,93	10/ 81	44/ 44 "	0,3/ 2,5
88 A 2208 FF Nord	3	2,93	10/ 81	44/ 44 "	0,3/ 2,5
91 A 2301 FF Ost	1	28,90	25/ 138	44/ 44 "	7,6/ 41,9
94 A 2401 FF Ost	4	10,84	25/ 138	44/ 44 "	2,8/ 15,7
97 A 2501 FF Ost	1	5,42	25/ 138	44/ 44 "	1,4/ 7,8
103 A 2703 FF West	3	28,06	17/ 117	44/ 44 "	5,0/ 34,5
104 A 2706 FF Süd	3	2,71	59/ 113	44/ 44 "	1,7/ 3,2
108 A 2803 FF West	1	8,13	17/ 117	44/ 44 "	1,4/ 10,0
111 A 2905 FF Nord	1	10,84	10/ 81	44/ 44 "	1,1/ 9,2
114 A 3005 FF West	1	15,35	17/ 117	44/ 44 "	2,7/ 18,9
118 A 3102 FF Nord	3	2,93	10/ 81	44/ 44 "	0,3/ 2,5
121 A 3208 FF Nord	3	2,93	10/ 81	44/ 44 "	0,3/ 2,5
125 A 3301 FF Ost	1	28,90	25/ 138	44/ 44 "	7,6/ 41,9
417,90					98/ 533

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

Sonnenschutz-Aktivierung f = feststehend, m = manuell, z = zeitgesteuert, s = strahlungsabhängig
 Berechnung von $g_{\text{tot},13363}$ -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

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

a_{Wj} / a_{S0} = Parameter (0..1) für die zeitliche Aktivierung der Sonnenschutzvorrichtung nach Tab A.4 / A.5

4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen (Ref-No 5.4.2)

nicht bilanziert

4.3 solare Wärmegewinne (Ref-No 5.4.3)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
<1> Lernräume	5.769	3.864	1.442	897	1.656	1.822	4.717	65.595
<2> Hauswirtsch	1.248	914	336	228	428	399	1.013	13.224
<3> Verkehrsfl	2.707	1.795	693	430	750	852	2.178	30.329
<4> Sanitär	376	257	91	56	117	123	318	4.448
<5> Lager	233	143	56	33	52	66	183	2.564
<6> Technik	184	126	44	28	57	60	156	2.183
<7> Büros	-	-	-	-	-	-	-	-
<8> Aufenthalt	-	-	-	-	-	-	-	-
	10.517	7.100	2.663	1.672	3.060	3.321	8.565	118.343

5.0 Interne Wärme- und Kältequellen (DIN V 18599-2) (Ref-No 5.5.0)

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> Lernräume	1366	136,6	27,3	0,0	164,0
<2> Hauswirtschaft	270	27,0	5,4	0,0	32,4
<3> Verkehrsflächen	1059	-	-	0,0	0,0
<4> Sanitär	170	-	-	0,0	0,0
<5> Lager	52	-	-	0,0	0,0
<6> Technik	37	-	-	0,0	0,0
<7> Büros	22	0,7	0,9	0,0	1,6
<8> Aufenthaltsräume	36	1,1	1,5	0,0	2,6
⇒ WE-Betrieb ...					
<1> Lernräume		-	-	0,0	0,0
<2> Hauswirtschaft		-	-	0,0	0,0
<3> Verkehrsflächen		-	-	0,0	0,0
<4> Sanitär		-	-	0,0	0,0

<5> Lager	-	-	0,0	0,0
<6> Technik	-	-	0,0	0,0
<7> Büros	-	-	0,0	0,0
<8> Aufenthaltsräume	-	-	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> Lernräume	0,0	18,9	12,3	0,0	0,0
<2> Hauswirtschaft	0,0	3,6	2,4	0,0	0,0
<3> Verkehrsflächen	0,0	10,9	9,5	0,0	0,0
<4> Sanitär	0,0	3,1	1,5	0,0	0,0
<5> Lager	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0
<6> Technik	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0
<7> Büros	0,0	0,9	0,2	0,0	0,0
<8> Aufenthaltsräume	0,0	1,5	0,3	0,0	0,0

AB = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

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

Q_I = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

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

6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.6.0)

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> Lernräume	731	1248	697	1230	255	0,207
<2> Hauswirtschaft	197	252	138	268	53	0,198
<3> Verkehrsflächen	453	176	0	333	47	0,140
<4> Sanitär	85	369	125	264	9	0,034
<5> Lager	34	11	0	23	2	0,101
<6> Technik	24	8	0	16	2	0,141
<7> Büros	0	21	0	10	3	0,275
<8> Aufenthaltsräume	0	33	0	17	5	0,276

Zone	C _{wirk} Wh/(m ² K)	H W/K	τ h	a -	η -	η _{WE}
<1> Lernräume	50	2677	25,40	2,59	0,986	1,000
<2> Hauswirtschaft	50	587	22,46	2,40	0,984	1,000
<3> Verkehrsflächen	50	628	83,97	6,25	1,000	1,000
<4> Sanitär	50	579	14,60	1,91	0,998	1,000
<5> Lager	50	45	56,74	4,55	1,000	1,000
<6> Technik	50	32	56,35	4,52	1,000	1,000

<7> Büros	50	21	53,75	4,36	0,997	1,000
<8> Aufenthaltsräume	50	33	53,76	4,36	0,997	1,000

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

ΣH_V = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

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

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

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

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

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

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

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

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

η_{WE} = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

(Ref-No 5.7.0)

Temperaturrandbedingungen

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

Bilanzinnentemperaturen T_i nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

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

7.1 Zone <1> Lernräume

(Ref-No 5.7.1)

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen η_{source} siehe Abs.6.0

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

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

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5 \text{ °C}$ und $Q_I = 164,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,781	0,929	0,982	0,989	0,986	0,984	0,957	0,753
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,651	0,980	1,000	1,000	1,000	1,000	0,989	0,696
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.657	1.204	1.165	1.204	1.204	1.088	1.204	13.223
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.426
$Q_{h,b,RE}$	kWh	2.547	7.130	13.189	17.170	16.619	14.062	11.301	89.985
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	241	2.630	3.842	3.478	2.778	1.145	14.115
Q_T	kWh	3.102	5.502	7.825	9.617	9.569	8.254	7.799	64.531
Q_V	kWh	4.411	8.549	12.658	15.778	15.612	13.444	12.397	99.428
Q_S^*	kWh	4.169	3.677	1.428	891	1.644	1.805	4.582	37.466
Q_I^*	kWh	2.372	3.003	3.236	3.492	3.440	3.053	3.168	29.196

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

(Ref-No 5.7.2)

Regelbetrieb (54,8%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 19,5 \text{ °C}$ und $Q_I = 32,4 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (45,2%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,799	0,920	0,979	0,988	0,984	0,982	0,954	0,780
$\eta_{\text{source,WE}}$		0,720	0,970	1,000	1,000	1,000	1,000	0,987	0,738
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	434	233	226	233	233	211	233	3.444
t_h	h	395	744	720	744	744	672	744	5.698
$Q_{h,b,RE}$	kWh	682	1.589	2.934	3.801	3.665	3.132	2.547	20.797
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	186	781	1.085	989	831	474	4.346
Q_T	kWh	831	1.474	2.096	2.576	2.563	2.211	2.089	17.283
Q_V	kWh	905	1.749	2.586	3.222	3.189	2.746	2.534	20.346
Q_S^*	kWh	953	862	333	226	424	395	981	8.551
Q_I^*	kWh	477	586	635	686	674	599	620	5.935

7.3 Zone <3> Verkehrsflächen (Ref-No 5.7.3)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,1 \text{ °C}$ und $Q_l = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,943	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,805
$\eta_{source,WE}$		0,827	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,758
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	715	1.343	905	935	935	844	935	8.901
t_h	h	493	510	720	744	744	672	744	5.408
$Q_{h,b,RE}$	kWh	706	3.300	5.029	6.309	6.075	5.139	4.047	32.683
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	837	1.324	1.215	950	350	4.675
Q_T	kWh	2.001	3.549	5.047	6.203	6.172	5.324	5.031	41.624
Q_V	kWh	776	1.377	1.958	2.406	2.394	2.065	1.951	16.145
Q_S^*	kWh	2.454	1.793	693	430	750	852	2.177	19.896
Q_I^*	kWh	248	339	447	547	527	449	408	3.664

7.4 Zone <4> Sanitär (Ref-No 5.7.4)

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,968	0,993	0,998	0,999	0,998	0,998	0,995	0,932
$\eta_{source,WE}$		0,926	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,802
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	139	150	145	150	150	135	150	1.541
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	6.545
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.455	2.940	4.424	5.498	5.415	4.659	4.221	33.453
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	37	206	298	277	226	129	1.173
Q_T	kWh	372	660	938	1.153	1.147	990	935	7.736
Q_V	kWh	1.409	2.654	3.881	4.817	4.775	4.114	3.823	30.953
Q_S^*	kWh	359	256	90	56	117	122	317	3.652
Q_I^*	kWh	65	81	99	117	112	96	91	933

7.5 Zone <5> Lager (Ref-No 5.7.5)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,1 \text{ °C}$ und $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,878	0,994	1,000	1,000	1,000	1,000	0,995	0,777
$\eta_{source,WE}$		0,692	0,984	1,000	1,000	1,000	1,000	0,989	0,713
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	50	45	44	45	45	41	45	475
t_h	h	493	744	720	744	744	672	744	5.637
$Q_{h,b,RE}$	kWh	48	191	350	445	431	359	265	2.224
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	9	77	114	107	84	37	429
Q_T	kWh	148	263	374	460	458	395	373	3.088
Q_V	kWh	48	85	121	149	148	128	121	997
Q_S^*	kWh	191	142	56	33	52	66	181	1.536
Q_I^*	kWh	3	7	12	16	16	13	10	86

7.6 Zone <6> Technik (Ref-No 5.7.6)

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}		0,844	0,987	1,000	1,000	1,000	1,000	0,991	0,752
$\eta_{source,WE}$		0,643	0,967	1,000	1,000	1,000	1,000	0,979	0,687
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	36	32	31	32	32	29	32	340
t_h	h	493	510	720	744	744	672	744	5.317
$Q_{h,b,RE}$	kWh	29	122	249	318	296	250	174	1.507
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	55	81	71	57	20	284
Q_T	kWh	107	190	270	332	330	285	269	2.228
Q_V	kWh	34	61	86	106	106	91	86	713
Q_S^*	kWh	144	124	44	28	57	60	154	1.232
Q_I^*	kWh	2	5	9	12	11	9	7	60

7.7 Zone <7> Büros (Ref-No 5.7.7)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0\text{ °C}$ und $Q_I = 1,6\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 18,3\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,911	0,984	0,996	0,997	0,997	0,997	0,995	0,869
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	7	13	18	20	20	18	18	143
t_h	h	493	510	493	744	744	672	510	5.548
$Q_{h,b,RE}$	kWh	23	72	125	160	159	136	123	902
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	-	3	3	2	-	7
Q_T	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_V	kWh	72	127	181	223	222	191	181	1.494
Q_S^*	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_I^*	kWh	49	56	57	60	60	54	58	584

7.8 Zone <8> Aufenthaltsräume (Ref-No 5.7.8)

Regelbetrieb (68,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 20,0\text{ °C}$ und $Q_I = 2,6\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit $\vartheta_{h,Jan} = 18,3\text{ °C}$ und $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
η_{source}		0,911	0,984	0,995	0,997	0,997	0,997	0,995	0,869
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	12	21	29	32	32	29	29	231
t_h	h	493	510	493	744	744	672	510	5.584
$Q_{h,b,RE}$	kWh	37	116	201	257	256	219	198	1.454
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	-	4	4	2	-	11
Q_T	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_V	kWh	116	206	293	359	358	309	292	2.412
Q_S^*	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_I^*	kWh	79	90	92	98	97	87	94	947

7.9 Summe Heizwärmebedarf (Ref-No 5.7.9)

	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> Lernräume	64.531	99.428	37.467	29.196	104.099	76,6
<2> Hauswirtschaft	17.283	20.346	8.551	5.935	25.144	95,4
<3> Verkehrsflächen	41.624	16.145	19.896	3.664	37.358	35,4
<4> Sanitär	7.736	30.953	3.652	933	34.626	204,7

<5> Lager	3.088	997	1.536	86	2.653	52,3
<6> Technik	2.228	713	1.232	61	1.791	49,3
<7> Büros	-	1.494	-	584	909	41,2
<8> Aufenthaltsraum	-	2.412	-	947	1.465	41,1
	136.490	172.488	72.334	41.405	208.045	69,5

9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

(Ref-No 5.9.0)

9.1 Gewählte RLT-Anlagen

(Ref-No 5.9.1)

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP, Jan}$ °C
<1> Lernräume	mT	000		2,9
<2> Hauswirtschaft	mT	000		2,9
<4> Sanitär	-	000		2,9
<7> Büros	mT	000		2,9
<8> Aufenthaltsräume	mT	000		2,9

Zone <1> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 5465 / 5465$ m³/h, Konstantvolumenstrom, balanciert

Zone <2> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 1081 / 1081$ m³/h, Konstantvolumenstrom, balanciert

Zone <4> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 681 / 681$ m³/h, Konstantvolumenstrom, balanciert

Zone <7> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 0 / 0$ m³/h, Konstantvolumenstrom, balanciert

Zone <8> RLT-Anlage (000) mit $V_{SUP}/ETA = 0 / 0$ m³/h, Konstantvolumenstrom, balanciert

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

(Ref-No 5.9.2)

	$V_{mech, m}$ m³/h	$tv \cdot dy$ h/m	PV, SUP kW	PV, ETA kW	WV, Jan kWh
<1> Lernräume	5465	153	0,00	0,00	-
<2> Hauswirtschaft	1081	153	0,00	0,00	-
<4> Sanitär	681	276	0,00	0,00	-
<7> Büros	0	276	0,00	0,00	-
<8> Aufenthaltsräume	0	276	0,00	0,00	-

RLT-Anlage nicht vorgesehen

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

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

$P_{V,SUP} / P_{V,ETA}$ = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren
 W_V = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3) (Ref-No 5.9.3)

eine Luftkonditionierung ist nicht vorgesehen

9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung (Ref-No 5.9.4)

nicht vorgesehen

9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung (Ref-No 5.9.5)

nicht vorgesehen

9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung (Ref-No 5.9.6)

nicht vorgesehen

10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4) (Ref-No 5.10.0)

10.1 Tageslichtbereiche (Ref-No 5.10.1)

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (39), mit Dachoberlichtern (0)
 Bezüge siehe DIN V 18599-4
 Der Verbauungsindex wird nach DIN V 18599, T4, Abs. 5.5.2 berechnet

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone		E_m lx	A_{TL} m ²	A_{RB} m ²	Tageslicht	C_{TL} %
1 A 0101 FAW Ost	Ost	2	300	67,5	13,7	gut	86
2 A 0103 FAW West	West	2	300	59,5	18,4	gut	90
3 A 0201 FAW Ost	Ost	4	200	15,2	3,2	gut	85
4 A 0301 FAW Ost	Ost	9	500	19,6	4,7	gut	74
5 A 0404 FAW Süd	Süd	3	100	15,5	3,2	gut	85
6 A 0503 FAW Ost	Ost	3	100	27,0	19,8	gut	93
7 A 0605 FAW West	West	2	300	22,3	11,9	gut	92
8 A 0606 FAW Süd	Süd	2	300	53,0	17,3	gut	88
9 A 0703 FAW West	West	5	100	32,4	13,4	gut	91

10	A	0803	FAW	West	West	3	100	21,6	11,6	gut	92
11	A	0907	FAW	West	West	1	300	104,0	48,2	gut	92
12	A	1002	FAW	Nord	Nord	3	100	20,5	7,3	gut	94
13	A	1102	FAW	Nord	Nord	3	100	14,5	5,0	gut	93
14	A	1201	FAW	Ost	Ost	6	100	23,0	10,1	gut	91
15	A	1301	FAW	Ost	Ost	1	300	93,7	43,2	gut	92
16	A	1401	FAW	Ost	Ost	1	300	72,9	20,3	gut	89
17	A	1406	FAW	West	West	1	300	58,7	14,2	gut	88
18	A	1501	FAW	Ost	Ost	4	200	30,5	1,8	gering	54
19	A	1601	FAW	Ost	Ost	3	100	47,7	19,2	gut	91
20	A	1603	FAW	West	West	3	100	54,7	31,6	gut	92
21	A	1704	FAW	Süd	Süd	3	100	15,5	3,2	gut	85
22	A	1803	FAW	West	West	1	300	22,3	11,6	gut	92
23	A	1804	FAW	Süd	Süd	1	300	39,2	15,5	gut	88
24	A	1905	FAW	Nord	Nord	1	300	44,0	15,5	gut	94
25	A	2005	FAW	West	West	1	300	59,4	21,9	gut	91
26	A	2102	FAW	Nord	Nord	3	100	18,9	4,2	gut	87
27	A	2208	FAW	Nord	Nord	3	100	14,4	4,2	gut	91
28	A	2301	FAW	Ost	Ost	1	300	114,2	41,3	gut	90
29	A	2401	FAW	Ost	Ost	4	200	45,5	15,5	gut	90
30	A	2501	FAW	Ost	Ost	1	300	21,6	7,7	gut	90
31	A	2601	FAW	Ost	Ost	10	500	22,3	7,7	gut	83
32	A	2703	FAW	West	West	3	100	54,7	40,1	gut	93
33	A	2706	FAW	Süd	Süd	3	100	9,2	3,9	gut	88
34	A	2803	FAW	West	West	1	300	32,4	11,6	gut	90
35	A	2905	FAW	Nord	Nord	1	300	44,0	15,5	gut	94
36	A	3005	FAW	West	West	1	300	59,4	21,9	gut	91
37	A	3102	FAW	Nord	Nord	3	100	18,9	4,2	gut	87
38	A	3208	FAW	Nord	Nord	3	100	14,4	4,2	gut	91
39	A	3301	FAW	Ost	Ost	1	300	114,2	41,3	gut	90

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m²]	ATL [m²]	AKTL [m²]
<1> Lernräume	1359	880	480
<2> Hauswirtschaft	264	202	61
<3> Verkehrsflächen	1055	348	708
<4> Sanitär	169	91	78
<5> Lager	51	32	18
<6> Technik	36	23	13
<7> Büros	22	-	22
<8> Aufenthaltsräume	36	-	36

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

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

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

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

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

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

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

10.2 Teilbetriebfaktoren Tageslicht

(Ref-No 5.10.2)

Bereich	CTL	CTL, kon	FTL	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun
---------	-----	----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

							%	%	%	%	%	%	
1	A	0101	FAW	Ost	2	86	55	60	54	50	47	45	45
2	A	0103	FAW	West	2	90	60	54	48	43	40	37	37
3	A	0201	FAW	Ost	4	85	55	60	54	50	47	46	45
4	A	0301	FAW	Ost	9	74	52	67	62	59	57	55	55
5	A	0404	FAW	Süd	3	85	55	60	55	51	48	46	46
6	A	0503	FAW	Ost	3	93	60	53	46	41	38	36	35
7	A	0605	FAW	West	2	92	60	53	47	42	38	36	35
8	A	0606	FAW	Süd	2	88	60	55	49	44	41	39	38
9	A	0703	FAW	West	5	91	60	54	47	42	39	37	36
10	A	0803	FAW	West	3	92	60	53	46	41	38	36	35
11	A	0907	FAW	West	1	92	60	53	47	42	39	36	36
12	A	1002	FAW	Nord	3	94	60	52	45	40	37	34	34
13	A	1102	FAW	Nord	3	93	60	52	46	41	37	35	34
14	A	1201	FAW	Ost	6	91	60	53	47	42	39	36	36
15	A	1301	FAW	Ost	1	92	60	53	47	42	39	36	36
16	A	1401	FAW	Ost	1	89	60	55	48	43	40	38	38
17	A	1406	FAW	West	1	88	60	55	49	44	41	39	38
18	A	1501	FAW	Ost	4	54	50	77	74	71	70	69	68
19	A	1601	FAW	Ost	3	91	60	54	47	42	39	37	36
20	A	1603	FAW	West	3	92	60	53	46	41	38	36	35
21	A	1704	FAW	Süd	3	85	55	60	55	51	48	46	46
22	A	1803	FAW	West	1	92	60	53	47	42	38	36	36
23	A	1804	FAW	Süd	1	88	60	55	49	44	41	39	38
24	A	1905	FAW	Nord	1	94	60	52	45	40	37	34	34
25	A	2005	FAW	West	1	91	60	54	47	42	39	37	36
26	A	2102	FAW	Nord	3	87	55	60	54	50	47	45	44
27	A	2208	FAW	Nord	3	91	60	54	47	42	39	37	36
28	A	2301	FAW	Ost	1	90	60	54	47	42	39	37	36
29	A	2401	FAW	Ost	4	90	60	54	48	43	39	37	37
30	A	2501	FAW	Ost	1	90	60	54	47	43	39	37	37
31	A	2601	FAW	Ost	10	83	57	60	54	50	47	45	45
32	A	2703	FAW	West	3	93	60	53	46	41	38	36	35
33	A	2706	FAW	Süd	3	88	60	55	49	44	41	39	38
34	A	2803	FAW	West	1	90	60	54	47	43	39	37	37
35	A	2905	FAW	Nord	1	94	60	52	45	40	37	34	34
36	A	3005	FAW	West	1	91	60	54	47	42	39	37	36
37	A	3102	FAW	Nord	3	87	55	60	54	50	47	45	44
38	A	3208	FAW	Nord	3	91	60	54	47	42	39	37	36
39	A	3301	FAW	Ost	1	90	60	54	47	42	39	37	36

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

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

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

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

10.3 Kunstlichtversorgung

(Ref-No 5.10.3)

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (8)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	Em lx	Lampen	p _j W/m²	f _{Prä} m²	t _{T,TL} h/m	t _{T,KTL} h/a	t _N h/a	Q _{l,b} kWh/m
1 <1> Lernräume	1	300	9-1-1	3,6	0,88	56	1225	0	357
2 <2> Hauswirtschaft	2	300	9-1-1	3,6	0,88	58	1225	0	67

3 <3> Verkehrsfläch	3	100	9-1-1	1,8	0,60	70	1526	124	231
4 <4> Sanitär	4	200	9-1-1	3,6	0,55	75	1399	114	65
5 <5> Lager	5	100	9-1-1	2,6	0,07	8	175	14	2
6 <6> Technik	6	100	9-1-1	2,6	0,07	8	175	14	1
7 <7> Büros	7	500	9-1-1	6,5	0,85	0	2162	176	29
8 <8> Aufenthaltsrä	8	500	9-1-1	6,5	0,85	0	2162	176	46
									798

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt, $A_{KL} = 3.012 \text{ m}^2$
 Präsenzmelder: nein, Konstantlichtregelung: nein

10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung $Q_{l,f}$ (Ref-No 5.10.4)

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
<1> Lernräume	279	306	316	350	321	271	286	3.480
<2> Hauswirtsch	53	58	60	67	60	51	53	651
<3> Verkehrsfl	216	228	226	240	231	205	222	2.650
<4> Sanitär	59	63	63	68	65	56	61	731
<5> Lager	1	2	2	2	2	1	2	18
<6> Technik	1	1	1	1	1	1	1	13
<7> Büros	19	20	19	20	20	18	20	236
<8> Aufenthalt	31	32	31	32	32	29	32	382
	660	711	719	781	733	633	678	8.160

p_j = elektrische Bewertungsleistung = $p_{j,lx} \cdot E_m \cdot k_{WF} \cdot k_A \cdot k_L \cdot k_{VB} \text{ W/m}^2$ (Gl.11)
 mit $k_{WF} / k_A / k_L / k_{VB}$ = Anpassungsfaktoren für Wartungszyklen / Sehaufgabe / Lampenart / Beleuchtung vert. Flächen
 $t_{T,TL} / t_{T,KTL}$ = Betriebszeit der Beleuchtung mit / ohne Tageslichtversorgung zur Tagzeit
 t_N = Betriebszeit der Beleuchtung zur Nachtzeit, t_{Nacht} / t_{Tag} siehe DIN V 18599-10
 $Q_{l,b}$ = Nutzenergiebedarf für Beleuchtung = $p_j \cdot [ATL \cdot (t_{Tag,TL} + t_{Nacht}) + AKTL \cdot (t_{Tag,KTL} + t_{eff,Nacht})]$ (Gl.2)
 $Q_{l,f} = \sum F_{t,n} \cdot \sum Q_{l,b} = Q_{i,L,elektr}$ = Endenergiebedarf für Beleuchtung nach Zonen (Gl.1)

11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7) (Ref-No 5.11.0)

11.1 Kühlenergiebedarf (Ref-No 5.11.1)

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)
 Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q_{sink}	Q_{source}	γ	C_{wirk}	τ	η
<1> Lernräume	143	479	3,356	50,000	25,40	0,289
<2> Hauswirtschaft	32	90	2,777	50,000	22,46	0,340
<3> Verkehrsflächen	45	147	3,256	50,000	83,97	0,307
<4> Sanitär	33	24	0,723	50,000	14,60	0,756
<5> Lager	3	12	3,590	50,000	56,74	0,278
<6> Technik	2	10	4,427	50,000	56,35	0,226

<7> Büros	1	3	1,730	50,000	53,75	0,554
<8> Aufenthaltsräume	2	4	1,728	50,000	53,76	0,555

Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ $Q_{C,b}$ (Raumklima)								
<1> Lernräume	29	40	45	204	1.090	2.751	4.636	21.914
<2> Hauswirtsch	7	11	11	45	199	469	779	3.930
<3> Verkehrsfl	-	-	-	-	129	866	1.728	6.732
<4> Sanitär	-	0	0	1	10	26	66	352
<5> Lager	-	-	-	1	25	97	160	630
<6> Technik	-	-	-	1	38	92	146	598
<7> Büros	0	0	0	0	1	3	9	63
<8> Aufenthalt	0	0	0	0	1	5	15	102

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme $Q_{C,b}$

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

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

11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung $Q_{C,\text{max}}$ (Ref-No 5.11.2)

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

Zone	$t_{C,\text{op,d}}$ h/d	$Q_{C,\text{max, Juli}}$ kW	$Q_{C,\text{max, Sept}}$ kW	techn. gekühlt
<1> Lernräume	9	92,2	67,1	nein
<2> Hauswirtschaft	9	18,3	14,2	nein
<3> Verkehrsflächen	13	29,7	24,2	nein
<4> Sanitär	13	5,5	1,7	nein
<5> Lager	13	2,8	2,3	nein
<6> Technik	13	2,1	1,7	nein
<7> Büros	13	0,1	0,0	nein
<8> Aufenthaltsräume	13	0,2	0,1	nein
		150,9	111,3	

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

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

12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

(Ref-No 5.12.0)

12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

(Ref-No 5.12.1)

Zone	Nutzung	$q_{w,b}$ kWh/d je	Menge	$Q_{w,b,Jan}$ kWh/M
<1> Lernräume	nicht relevant			-
<2> Hauswirtschaft	nicht relevant			-
<3> Verkehrsflächen	nicht relevant			-
<4> Sanitär	Schule ohne Dus	0,130 m ² Klassenräu	1550	4.278 c
<5> Lager	nicht relevant			-
<6> Technik	nicht relevant			-
<7> Büros	nicht relevant			-
<8> Aufenthaltsräume	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 A_{NGF}

12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme (Ref-No 5.12.2)

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f_{Zapf}	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 dezentrale WW-Versorgung	4/	1,00	50.375
2			

12.3 Verteilungsnetze (Ref-No 5.12.3)

nicht vorgesehen

12.4 Warmwasserspeicher (Ref-No 5.12.4)

nicht vorgesehen

12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung (Ref-No 5.12.5)

nicht vorgesehen

12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung (Ref-No 5.12.6)

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4								
$Q_{w,outg}$ kWh	4.140	4.278	4.140	4.278	4.278	3.864	4.278	50.375

12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung (Ref-No 5.12.7)

nicht vorgesehen

12.8 Wärmeerzeugung (Ref-No 5.12.8)

(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4
Wärmeerzeuger 20 hydraulisch gesteuerter Elektro-Durchlauferhitzer 2,0 kW (Strom-Mix)
Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung $\eta_{k,Pn} = 99,0 \%$, Bereitschaftswärmeverlust $q_{P0,70} = 0,0000 \text{ kW}$

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<hr/>									
(1) "dezentrale WW-Versorgung", Zonen 4									
$Q_{w,outg}$	kWh	4.140	4.278	4.140	4.278	4.278	3.864	4.278	50.375
<hr/>									
$Q_{w,f}$	kWh	4.182	4.321	4.182	4.321	4.321	3.903	4.321	50.879

mit $Q_{w,outg}$ = Nutzwärmebedarf der Erzeugung, $Q_{w,f} = Q_{w,outg} + Q_{w,g}$ = Endenergiebedarf

12.9 Endenergie Warmwasserbereitung (Ref-No 5.12.9)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<hr/>									
$Q_{w,outg}$	kWh	4.140	4.278	4.140	4.278	4.278	3.864	4.278	50.375
$Q_{w,f}$	kWh	4.182	4.321	4.182	4.321	4.321	3.903	4.321	50.879
$W_{w,f}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
<hr/>									
Strom-Mix	kWh	4.182	4.321	4.182	4.321	4.321	3.903	4.321	50.879

$Q_{w,outg} / Q_{w,f}$ = Nutz- / Endenergiebedarf für Warmwasserbereitung
 $W_{w,f}$ = Hilfsenergiebedarf, $Q_{l,w}$ = unregelmäßige Wärmeeinträge durch Leitungs- / Speicherluste
Unregelmäßige Wärmeeinträge Q_l werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

(Ref-No 5.13.0)

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

(Ref-No 5.13.1)

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> Lernräume	23,4	20,0	5465	59,5	102,8
<2> Hauswirtschaft	6,3	4,0	1081	11,8	22,1
<3> Verkehrsflächen	14,5	2,8	0	0,0	17,3
<4> Sanitär	2,7	5,9	681	7,4	16,0
<5> Lager	1,1	0,2	0	0,0	1,3
<6> Technik	0,8	0,1	0	0,0	0,9
<7> Büros	0,0	0,3	0	0,0	0,3
<8> Aufenthaltsräume	0,0	0,5	0	0,0	0,5

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

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

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

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

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

13.2 Eingesetzte Heizsysteme

(Ref-No 5.13.2)

Anlage	Versorgungsbereich Zone(n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr	*	208.045	161,3	0,0
2				

* = 1/2/3/4/5/6/7/8/

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

Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,b}, <1>$ kWh	5.527	15.931	31.086	40.709	39.061	32.886	25.031	208.045

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

(Ref-No 5.13.3)

(1) Bereich "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Leitzone <4> Sanitär

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

$t_h <4>$	h/m	493	744	720	744	744	672	744	6.545
$t_{h,rL,d} <4>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <4>$	d/m	14	23	24	26	26	23	25	213
$t_{h,rL} <4>$	h/m	185	308	389	462	460	400	391	3.246

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

$t_{h,rL,day} = 24 - f_{L,NA} * (24 - t_{h,op,day})$ (T5 Gl.24) mit

$t_{h,op,day}$ = tägliche Heizzeit (Nutzungsrandbedingung) und $f_{L,NA}$ = Laufzeitfaktor

$d_{h,rB}$ = monatliche, rechnerische Betriebstage der Heizung (T5 Gl.28)

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

13.4 Heizwärmeübergabe

(Ref-No 5.13.4)

(1) 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) (12,1%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<hr/>									
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$Q_{h,b}$	kWh	5.527	15.931	31.086	40.709	39.061	32.886	25.031	208.045
$Q_{h,ce}$	kWh	1.573	2.642	3.508	3.863	3.725	3.284	2.929	25.198
<hr/>									
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	7.100	18.573	34.594	44.572	42.786	36.169	27.960	233.243

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

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

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

13.5 Heizwärmeverteilung

(Ref-No 5.13.5)

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

Hilfsenergiebedarf $W_{h,d}$ der Heizungspumpe

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

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "2 Schulen, Veranstaltungshallen", Netztyp 3

Steigestrangtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit $A_{Nutz,Heizbereich} = 3011,7 \text{ m}^2$, Geschosshöhe

i.M. = 3,20 m, 3 Geschosse, $L_{char} = 63,0 \text{ m}$.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung) $\theta_{VA} = 55\text{ °C}$ / $\theta_{RA} = 45\text{ °C}$, $T_{i,Soll,<4>} = 21,0\text{ °C}$
 Wärmedurchgangszahlen U_i nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 78 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

Heizungspumpe, P_{Pumpe} unbekannt

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr			
Leitungslängen l_i	477,9 m	250,6 m	254,7 m
Wärmedurchgangszahlen U_i	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{T,i}$	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) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
$\beta_{h,d}$		0,09	0,15	0,30	0,37	0,36	0,33	0,23	
$\theta_{VL,av}$	°C	26,3	29,1	34,4	36,9	36,4	35,6	32,1	
$\theta_{RL,av}$	°C	24,7	26,7	30,5	32,2	31,8	31,3	28,8	
$Q_{h,d}$	kWh	353	751	1.344	1.817	1.765	1.477	1.178	9.466
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{l,h,d}$	kWh	132	313	622	866	837	694	526	4.407

Leitungsverluste $Q_{h,d} = 4,1\%$, unregelmäßige Wärmeeinträge $Q_{l,h,d} = 1,9\%$

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 (Ref-No 5.13.6)

(1) freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr									
Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}$	kWh	7.454	19.325	35.938	46.390	44.551	37.646	29.137	242.708

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

13.7 Heizwärmepufferspeicher (Ref-No 5.13.7)

nicht vorgesehen

13.8 solare Heizungsunterstützung (Ref-No 5.13.8)

nicht vorgesehen

13.9 Heizungsärmepumpen (Ref-No 5.13.9)

Heizbereiche (1)

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

Wärmepumpe 1, Sole-Wasser WP (Standard) ab 2010 , Heizungsärmepumpe, 176,4 kW
Energieträger eco-Strom, maximale Laufzeit 20 h/d

Leistungszahl im Prüfstand COP = 4,3 bei S0/W35

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

(Gl.14) und für monatsmittlere Soletemperaturen (Erdsonde, B.15) korrigiert

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

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

Wärmepumpe 1, Jahresarbeitszahl_{Hzg} = 2,84

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	7.454	19.325	35.938	46.390	44.551	37.646	29.137	242.708
COP		3,36	3,30	2,84	2,62	2,66	2,72	3,03	
$t_{ON,g,d}$	h/d	1,2	3,1	6,1	7,8	7,5	7,0	4,8	
$Q_{h,f}$	kWh	2.218	5.856	12.654	17.706	16.748	13.840	9.616	85.468
$Q_{h,in}$	kWh	5.235	13.469	23.284	28.684	27.802	23.806	19.521	157.241

13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger (Ref-No 5.13.10)

Heizbereiche (1)

(1) "freie Heizflächen 55 / 45°C 2-Rohr", Zonen 1/2/3/4/5/6/7/8 ($A_{NGF} = 2.992 \text{ m}^2$)

Ein konventioneller Wärmeerzeuger ist nicht erforderlich

13.11 Endenergie Heizwärme (Ref-No 5.13.11)

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

$Q_{h,f}$	kWh	2.218	5.856	12.654	17.706	16.748	13.840	9.616	85.468
W_h	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
eco-Strom	kWh	2.218	5.856	12.654	17.706	16.748	13.840	9.616	85.468
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	2,0	4,6	9,4	12,7	12,3	11,3	7,7	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	0,4	0,9	1,8	2,5	2,4	2,2	1,5	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	1,6	3,6	7,3	9,9	9,5	8,8	6,0	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,3	0,6	1,2	1,6	1,5	1,4	1,0	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	
$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	
$Q_{I,h,<7>}$	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	
$Q_{I,h,<8>}$	kWh/d	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	

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

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

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

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelmäßige Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

(Ref-No 5.14.0)

14.1 Stromerzeugende Systeme

(Ref-No 5.14.1)

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen

Stromangebot aus Photovoltaikanlage nach GEG 2023 und DIN V 18599-9:2018

Peakleistung 66 kWp, quadratmeterbezogen $66 / (3011,7) = 0,022 \text{ kWp/m}^2$

PV-Module Süd 30 ° Standort Deutschland (Potsdam)

Strom im örtlichen Zusammenhang erzeugt, vorrangig im Gebäude genutzt

Strombedarf für Heizwärme Warmwasser Beleuchtung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	7.061	10.888	17.555	22.809	21.803	18.377	14.615	144.507
Stromangebot	kWh	5.036	3.646	1.315	862	1.657	1.647	4.011	53.978
anrechenbar	kWh	5.036	3.646	1.315	862	1.657	1.647	4.011	46.760

Jahres-Stromproduktion = 53.978 kWh/a, Strombedarf = 144.507 kWh/a, anrechenbar = 46.760 kWh/a

14.2 Energiebedarf nach Energieträgern (Ref-No 5.14.2)

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f_P	$f_{HS/Hi}$	Q_P kWh/a
eco-Strom	Heizwärme	*	85.468	1,80	1,00	153.842
Strom-Mix	Warmwasser	4/	50.879	1,80	1,00	91.581
Strom-Mix	Beleuchtung	**	8.160	1,80	1,00	14.688
Strom-Mix	Stromgutschrift		-46.760	1,80	1,00	-84.167
Σ [kWh/Jahr]			97.747			175.944

* = 1/2/3/4/5/6/7/8/

** = 1/2/3/4/5/6/7/8/

 $Q_P = \Sigma Q_{f,i} \cdot f_{P,i} / f_{HS/Hi,i}$ (DIN V 18599-1, Gl.22)Jahres-Primärenergiebedarf $q_P = 175.944 / 2.992 = 58,8$ kWh/(m²a) ($\Sigma A_{NGF} = 2.992$ m²)

Endenergie (brennwertbezogen) = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 0,0 kWh/(m²a), eco-Strom 28,6 kWh/(m²a), Strom-Mix 19,7 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -15,6 kWh/(m²a)

Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m² a)
eco-Strom	85.468	560	47.862	
Strom-Mix	50.879	560	28.492	
Strom-Mix	8.160	560	4.570	
Strom-Mix	-46.760	560	-26.185	
Σ			54.738	18,3

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 (Ref-No 5.14.3)

siehe Abschnitt Zone	m²	RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
<1> Lernräume	1.359	-	3.480	-	-	42.767	46.247
<2> Hauswirtschaft	264	-	651	-	-	10.334	10.985
<3> Verkehrsfläch	1.055	-	2.650	-	-	15.349	17.999
<4> Sanitär	169	-	731	-	50.872	14.220	65.823
<5> Lager	51	-	18	-	-	1.093	1.111
<6> Technik	36	-	13	-	-	735	748
<7> Büros	22	-	236	-	-	376	611
<8> Aufenthaltsrä	36	-	382	-	-	599	981
Gebäude	2.992	-	8.160	-	50.879	85.476	144.515

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 (Ref-No 5.14.4)

	RLT kWh/m ² a	Beleucht. kWh/m ² a	Klima kWh/m ² a	Warmwasser kWh/m ² a	Heizung kWh/m ² a	Summe kWh/m ² a
Nutzenergiebedarf	0,0	2,7	0,0	16,8	69,5	89,1
Endenergiebedarf	0,0	2,7	0,0	17,0	28,6	48,3
Primärenergiebedarf	0,0	4,9	0,0	30,6	51,4	86,9

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

15.0 Nachweise (Ref-No 5.15.0)

für ein bestehendes Gebäude
Referenzberechnung = "230616-Haus-A-KfW-Referenz2020"

15.1 Nachweis der thermischen Hülle (Ref-No 5.15.1)

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 (Ref-No 5.15.2)

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 50
zul $q_{P,REF} = 1.4 \cdot 124,0 = 173,6 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ (140%-Regel), aus der Referenzberechnung
vorh $q_P = 175.944 / 2992,1 = 58,8 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

vorh $q_P = 58,8 \leq 173,6 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$, **Grenzwert wird eingehalten**

15.3 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien (Ref-No 5.15.3)

Ein Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien ist nicht erforderlich (Modernisierung)

17.0 Nutzung von erneuerbaren Energien

(Ref-No 5.17.0)

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

(Ref-No 5.17.1)

Nachweis für privat genutzte Gebäude

Ein Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien ist nicht erforderlich (Modernisierung)

Wärme- und Kälteenergiebedarf = 136346 + 0 + 157241 + 0 = 293.587 kWh/Jahr (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil		Nutzungs- anteil
		erzielt	gefordert	
Umweltenergie [Hzg-WP]	242.708	82,7 %	50,0 %	165,4 %
PV-Strom [PV-Strom]	46.760	15,9 %	15,0 %	106,0 %
				271,4 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

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

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs-
				erzielt	gefordert	anteil
HT' - Wert	W/(m²K)	0,42	0,41	3,7 %	15,0 %	24,4 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 295,8 % ≥ Nutzungspflichtanteil = 100 %

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

20.0 Bundesförderprogramme (BEG)

(Ref-No 5.20.0)

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 = "230616-Haus-A-KfW-Referenz2020"

Bestandsberechnung = "230616-Haus-A-KfW-Referenz2020"

Endenergieeinsparung 220.003 kWh/a
Primärenergieeinsparung 197.446 kWh/a
CO2-Einsparung 38.825 kg/a

		Primärenergiebedarf $Q_{P'}$ kWh/(m²a)	----- mittlere U-Werte -----				
			Opake	Fenster	Vorhf.	Oberl.	
			W/(m²K)	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(m²K)	
Referenzberechnung	100 %	124,0					
erreicht $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	47 %	58,8	0,26	1,00			
Effizienzgebäude Denkmal	160 %	198,4					OK
Effizienzgebäude 100	100 %	124,0	0,34	1,80	1,80	3,00	OK
Effizienzgebäude 70	70 %	86,8	0,26	1,40	1,40	2,40	OK
Effizienzgebäude 55	55 %	68,2	0,22	1,20	1,20	2,00	
Effizienzgebäude 40	40 %	49,6	0,18	1,00	1,00	1,60	

EE-Paket NWG (Nutzung Erneuerbarer Energien)

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

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

$EE_{\text{genutzt}} = 201.397 \text{ kWh/Jahr}$

$EE_{\text{Soll}} = 0,65 \cdot 293587 = 190.831 \text{ kWh/Jahr}$ (65% des Wärme- und Kältebedarfs)

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

NH-Paket (Nachhaltigkeitszertifikat)

Eine anerkannte Nachhaltigkeitszertifizierung nach BMI liegt nicht vor

Das Förderniveau **Effizienzgebäude 70** wird erreicht.

13. ZONIERUNG

Lernräume

Hauswirtschaft

Verkehrsflächen

Sanitär

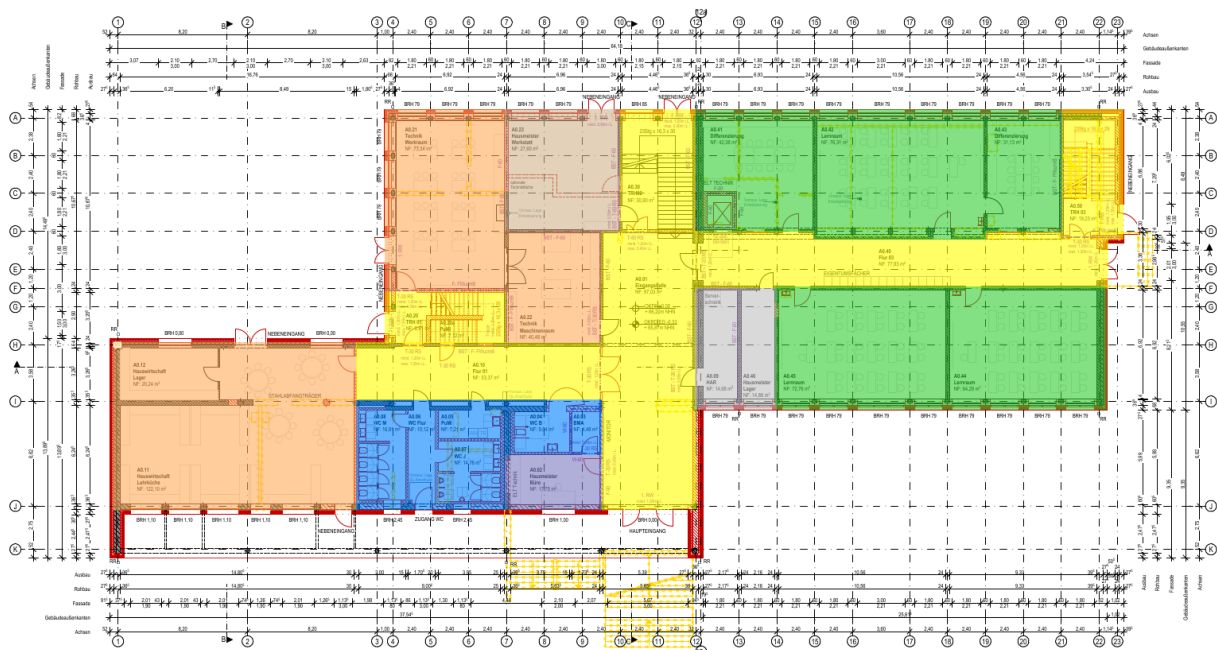
Lager

Technik

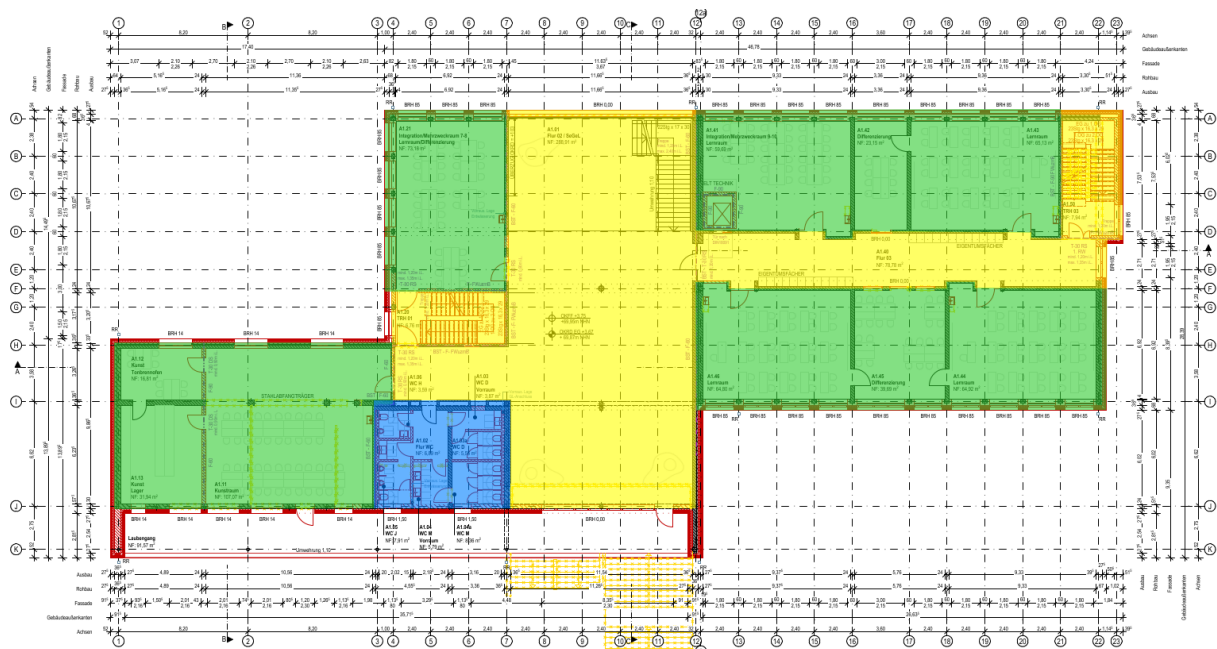
Büros

Mehrzweckräume

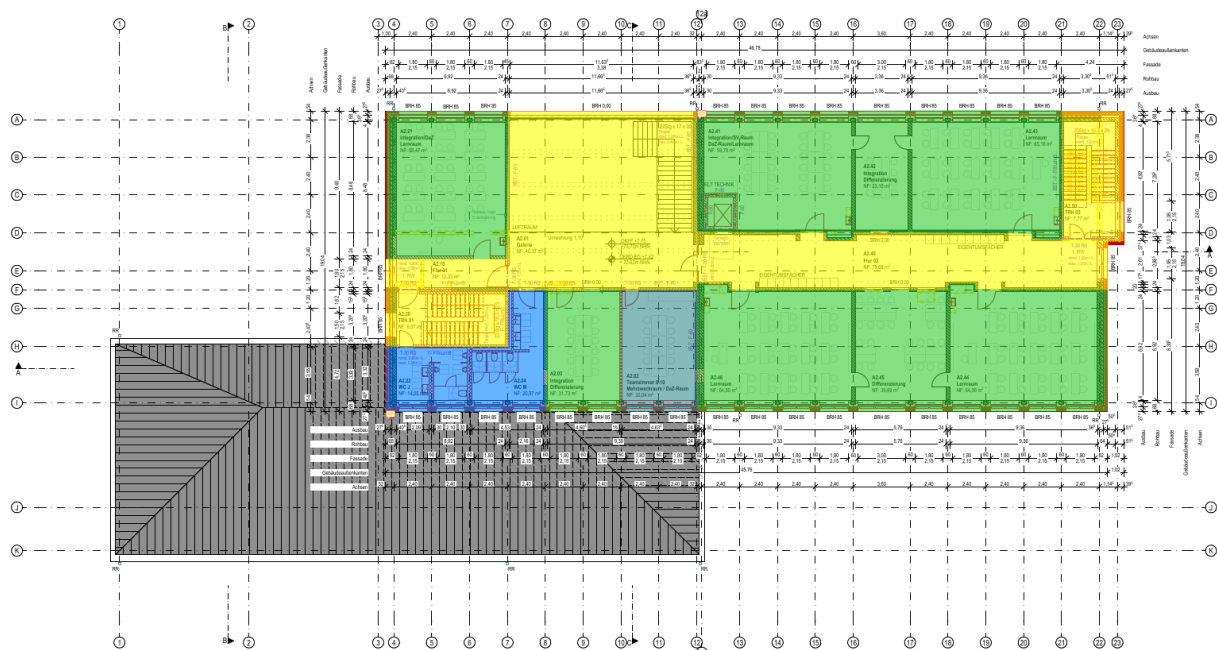
Legende



Zonierung Erdgeschoss




Zonierung 1. Obergeschoss



Zonierung 2. Obergeschoss

14. ERGEBNISTABELLE SWS

Profilschule Ascheberg, Haus A			
ERGEBNISTABELLE DER THERMISCHEN SIMULATION			
Sonnenschutzvorrichtung	<u>2.OG - A2.44 Differenzierung</u>	<u>1.OG - A1.21 Integration/Mehrzweck 7-8</u>	
	<u>Nord/ Ost-Ausrichtung</u>	<u>Lernraum/Differenzierung</u>	
	außenliegender Sonnenschutz	<u>Süd/ West-Ausrichtung</u>	
	Raffstore Lamellenstellung 45°,	außenliegender Sonnenschutz	
	Fenster Verglasung g = 0,6	Raffstore Lamellenstellung 45°,	
	bei Bedarf erhöhte Taglüftung	Sonnenschutzverglasung = 0,33	
		bei Bedarf erhöhte Taglüftung	
Software	DÄMMWERK vom 22.05.2023	DÄMMWERK vom 22.05.2023	
berechnet am	25.07.2023	26.07.2023	
Uhrzeit	12:14:06	11:04:05	
Projekt	Rechenblatt	Rechenblatt	
Variante	v-12	v-12	
Außenklima	B gemäßigt (26°C)	B gemäßigt (26°C)	
Gebäudeart	NWG	NWG	
Raumgrundfläche [m²]	94,49	77,73	
Raumvolumen [m³]	311,82	256,51	
Raum-Hüllflächen o. Fenster [m²]	115,5	118,7	
Bauteile	/Außenwand(AW01)/Fenster(FE01)/Dach(FD01)	/Außenwand(AW01)/Fenster(FE01)/Dach(FD01)	
Außenwandflächen [m²]	21	40,9	
Innenwandflächen [m²]	0	0	
Fenster [m²]	16,3	17,3	
davon verglast [m²]	11,4	12,1	
Deckenflächen [m²]	94,5	77,7	
Grundflächen [m²]	0	0	
Möbiliar	leichte Möbel	leichte Möbel	
interne Wärmequellen (i.M.) [W]	567	466	
Luftwechselzahl 1..12 Uhr [1/h]	0,2-1,2	0,2-1,2	
Luftwechselzahl 13..24 Uhr [1/h]	1,2-0,2	1,2-0,2	
erhöhte Taglüftung (Bedarf)	3 1/h	3 1/h	
erhöhte Nachtlüftung (Bedarf)	nein	nein	
Verschattungseinrichtungen	strahlungsabhängig	strahlungsabhängig	
fc-Werte	bauteilbezogen	bauteilbezogen	
Bestrahlungsstärke strahlungsabh. gest.	Normwerte	Normwerte	
bauliche Verschattung	nein	nein	
Diffusstrahlung mit Verschattung	ja	ja	
solarer Verlustfaktor nach aussen	0	0	
Bauteilschichten ohne R-Wert	vernachlässigt	vernachlässigt	
Berechnung der Raumtemperatur	Mindesttemperatur 21,0	Mindesttemperatur 21,0	
Berechnungszyklus [Tage]	6	6	
Berechnung gestartet am	01.01.	01.01.	
Berechnung beendet am	01.01.	01.01.	
Berechnungstage	365	365	
Berechnungszeit	255 sec (100,3 %) 0,70 sec/d	328 sec (100,3 %) 0,90 sec/d	
Übertemperaturgradstunden [Kh]	472	460	
Grenzwert eingehalten	ja	ja	
Grenzwert erreicht [%]	94	92	