

## **GEG- Nachweis**

(Genehmigung)

Stand: 09.03.2022

Aufgabe: Wärmeschutz und Energiebilanzierung – Nachweis GEG sowie  
Prüfung auf Einhaltung von Fördervoraussetzungen (BEG 40)

Projekt-Nr.: 20IB\_072ZAP

Projekt: Neubau Zentralapotheke ZAPO Hannover

Auftraggeber: Klinikum Region Hannover GmbH  
Stadionbrücke 6  
30459 Hannover

<b><u>Inhalt</u></b>	<b><u>Seite</u></b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Zu Grunde gelegte Unterlagen.....</b>	<b>3</b>
<b>3 Anforderungen.....</b>	<b>4</b>
3.1 Gebäude-Energie-Gesetz (GEG).....	4
3.2 Anforderungen an Effizienzgebäude 40 des BEG.....	5
3.3 Anforderungen an Mindestwärmeschutz im Winter.....	5
3.4 Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2.....	5
<b>4 Randbedingungen und Zonierung.....</b>	<b>6</b>
4.1 Randbedingungen .....	6
4.2 Zonierung .....	7
4.3 Weitere Annahmen.....	7
<b>5 Dämmverlauf.....</b>	<b>8</b>
<b>6 Bauteile.....</b>	<b>10</b>
<b>7 Angaben zur Haustechnik.....</b>	<b>10</b>
7.1 Heizung .....	10
7.2 Beleuchtung .....	10
7.3 Raumluftechnik.....	11
7.4 Kühlung.....	11
7.5 Trinkwarmwasser .....	12
7.6 Photovoltaik.....	12
<b>8 Angaben zum sommerlichen Wärmeschutz .....</b>	<b>12</b>
<b>9 Nachweis der Anforderungen aus GEG .....</b>	<b>15</b>
9.1 Nachweis Höchstwerte des Wärmedurchgangskoeffizienten.....	15
9.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs .....	15
9.3 Nachweis der Nutzung von erneuerbaren Energien.....	15
9.4 Nachweis Einhaltung der Anforderungen nach BEG 40.....	16

<b><u>Anlagen:</u></b>	<b><u>Seiten:</u></b>
Anlage 1: Bauteile	16
Anlage 2: sommerlicher Wärmeschutz	9
Anlage 3: ausführliches Berechnungsprotokoll	48
Anlage 4: Primärenergiefaktor-Bescheinigung Hannover	1

## 1 Einleitung

Die Klinikum Region Hannover GmbH beabsichtigt am Campus Siloah in Hannover-Linden den Neubau einer Zentralapotheke, welche die zur KRH gehörigen Krankenhäuser mit den notwendigen Medikamenten, Infusionslösungen etc. versorgt.

Der geplante Neubau ist teilunterkellert und soll aus vier Geschossen bestehen. Im Keller befinden sich die Räume der Gebäudetechnik. Das Erdgeschoss soll den Versorgungsbereich für Anlieferung, Sortierung, Lagerung und Auslieferung der Arzneimittel aufnehmen. Dazu kommen auch ein Büro, Umkleieräume, Technikräume und Sanitärräume. Im ersten Obergeschoss befindet sich der Bereich der Arzneimittelherstellung mit Büro- und Besprechungsräumen, Laboren, Technik- und Lagerräumen sowie einem Sanitärraum. Das Dachgeschoß soll die Technikzentrale für Kälteversorgung und Lüftungsanlagen aufnehmen.

Im Folgenden werden die gesetzlichen Anforderungen nachgewiesen, welche seitens der Bauphysik im Zuge der weiteren Planung zu beachten sind.

Der geplante Neubau fällt unter die Regelungen des Gebäude-Energie-Gesetz (GEG), welches am 01.11.2020 in Kraft getreten ist. Für die Förderprogramme gilt ab dem 01.07.2021 die neue Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), die wesentlich die Anforderungen des GEG unterschreiten und so dabei mithelft, dem Klimawandel entgegenzuwirken.

## 2 Zu Grunde gelegte Unterlagen

- U1 GEG, Gebäudeenergiegesetz, „Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden“, 08. August 2020
- U2 DIN 4108-3, „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz - Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung“, Oktober 2018.
- U3 DIN 4108-2, „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“, Februar 2013
- U4 Planstand: agn Niederberghaus & Partner GmbH, November 2021

### 3 Anforderungen

#### 3.1 Gebäude-Energie-Gesetz (GEG)

Baurechtlich sind die Anforderungen aus dem GEG zu berücksichtigen. Zur Erfüllung des GEG sind grundsätzlich beim

Nichtwohngebäude:

- a) der **Jahres-Primärenergiebedarf** für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und eingebaute Beleuchtung einzuhalten, indem er den 0,75-fachen Wert für den Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes (siehe Anlage 2 GEG) einhält oder unterschreitet,
- b) beim Nichtwohngebäudebereich sind die Anforderungen an die U-Werte von **Außenbauteilen** (siehe Anlage 3 GEG) einzuhalten,
- c) **vorgeschriebene Deckungsanteile** am Wärme- und Kältebedarf durch erneuerbare Energien oder durch Ersatzmaßnahmen zu gewährleisten (Teil 2, Abschnitt 4 GEG).

Nach § 36 des GEG kann die Anforderung an die Nutzung von erneuerbaren Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung bei einem zu errichtenden Gebäude erfüllt werden, wenn durch die Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien der Wärme- und Kälteenergiebedarf zu mindestens 15 % gedeckt wird.

Nach § 44 des GEG kann die Anforderung an die Nutzung von erneuerbaren Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung bei einem zu errichtenden Gebäude erfüllt werden, wenn der Wärme- und Kältebedarf durch Fernwärme gedeckt wird und sie zu mindestens 50 % aus KWK-Anlagen stammt.

Nach § 45 des GEG kann die Anforderung an die Nutzung von erneuerbaren Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung bei einem zu errichtenden Nichtwohngebäude erfüllt werden, wenn die Anforderungen an die mittleren U-Werte nach Anlage 3 um mindestens 15% unterschritten werden.

Nach § 34 des GEG ist eine Kombination zwischen den o. g. Maßnahmen möglich, um die Anforderung an die Nutzung von erneuerbaren Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung bei einem zu errichtenden Gebäude erfüllen zu können. Die prozentualen Anteile der tatsächlichen Nutzung der einzelnen Maßnahmen im Verhältnis der vorgesehenen Nutzung müssen in der Summe 100 % Erfüllungsgrad ergeben.

### **3.2 Anforderungen an Effizienzgebäude 40 des BEG**

Für die geplante Zentralapotheke werden die Anforderungen des BEG an ein Effizienzgebäude 40 geprüft. Dazu sind

- a) der Jahres-Primärenergiebedarf des GEG-Referenzgebäudes um 60 % zu unterschreiten sowie
- b) Anforderungen an Außenbauteile mit den jeweiligen Grenzwerten für opake und transparente Bauteile sowie an vorgehängte Fassaden und Dachoberlichter einzuhalten.

### **3.3 Anforderungen an Mindestwärmeschutz im Winter**

Die DIN 4108-2 gibt Mindestwärmehochleistungswiderstände R für alle Arten von Außenbauteilen vor. Ziel dieser Vorgaben ist es, auch in Grenzfällen oder schwierigen baulichen Situationen Tauwasser- und Schimmelbildung zu vermeiden und damit dem Gesundheitsschutz und dem Bautenschutz zu dienen.

Die Einhaltung des Mindestwärmeschutzes ist für Neubauten im GEG (§ 11) vorgeschrieben.

### **3.4 Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2**

Nach DIN 4108-2 sind Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz bei Aufenthaltsräumen nachzuweisen. Ziel hierbei ist es, langanhaltende hohe Innenraumtemperaturen im Sommer zu vermeiden und damit dem Gesundheitsschutz zu dienen.

Die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes ist für Neubauten im GEG (§ 13) vorgeschrieben.

### **3.5 Sonstige**

Die Anforderungen an den klimabedingten Feuchteschutz gegen Tauwasser an der Oberfläche und in Bauteilen ist nach DIN 4108-3:2018 einzuhalten.

## 4 Randbedingungen und Zonierung

### 4.1 Randbedingungen

Die Nachweise werden mit folgenden Randbedingungen geführt:

Tabelle 1: Randbedingungen zur Berechnung nach GEG und DIN V 18599

Randbedingung	Symbol	Quelle	Wert	Einheit	Bemerkung
Verschmutzungsfaktor	$F_v$	18599-10 Tab.6 S.28	0,90		bei solaren Gewinnen
Verschmutzungsfaktor	$k_2$	18599-10 Tab. 5 S.20	0,90		bei Tageslichtversorgung
nichtsenkrechter Lichteinfall	$F_w$	18599-2 S.73	0,90		bei solaren Gewinnen
nichtsenkrechter Lichteinfall	$k_3$	18599-4 S.39	0,85		bei Tageslichtversorgung
Verschattung	$F_s$	18599-2 S.77	0,90		
Verbauungsindex	$I_v$	GEG, § 25	0,90		
Wärmekapazität	$C_{\text{wirk}}$	18599-2 S.89	$50 \times A_B$	Wh/(m <sup>2</sup> K)	mittelschweres Gebäude
Luftwechselrate beheizter Bereiche	$q_{E50}$	GEG, § 26	$\leq 6,00$	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	Dichtheitsprüfung ist nicht erforderlich
Emissionsgrad Wände	$\epsilon$	18599-2 S.78	0,90		
Windschutzkoeffizient	$e_{\text{Wind}}$	18599-2 S.60	0,07		gemäßigte Abschirmung
Strahlungsabsorptionsgrad	$\alpha$	18599-2 S.78	0,6		
kein fließendes GW		18599-2 S.42Tab.6			
Leitfähigkeit Boden	$\lambda$	18599-2 S.54	2,00	W/(m <sup>2</sup> K)	
Heizunterbrechung		GEG, § 25			Heizsysteme in Raumhöhen $\leq 4$ m mit Absenkbetrieb
Wärmebrückenzuschlag	$\Delta U_{\text{wb}}$		0,05	W/(m <sup>2</sup> K)	Nachweis ist erforderlich

## 4.2 Zonierung

Das Gebäude wird entsprechend den Vorgaben nach DIN V 18599-1 wie folgt zониert:

Tabelle 2: Zonierung gemäß DIN V 18599-1

Zone	Bezeichnung	Nutzungsart (DIN V 18599-10)	A <sub>NGF</sub> [m <sup>2</sup> ]	Nettorauminhalt V [m <sup>3</sup> ]
1	Büroräume	2	394,03	1102,15
2	Verkehrsflächen	19	754,39	2.709,41
3	Technikräume	20	1.306,92	4.906,95
4	Sanitärräume	16	99,82	327,95
5	Aufenthaltsräume	17	134,67	456,40
6	Logistik	41	1.150,31	4.601,24
7	Labore	36	243	656,10
8	Herstellungslabore	36	75,51	203,88
9	Lager	20	225,41	676,73
10	Besprechung	4	57,56	155,41
<b>Σ</b>			<b>4.441,62</b>	<b>15.796,21</b>

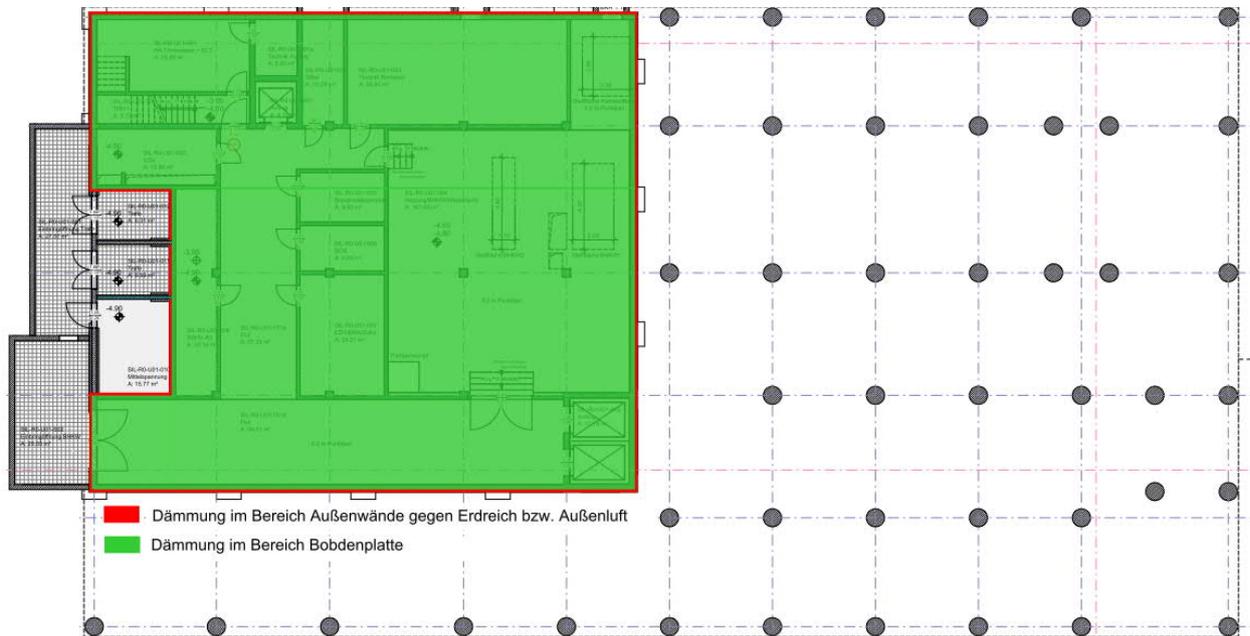
## 4.3 Weitere Annahmen

Die Berechnung erfolgt unter folgenden Annahmen:

- Die wärmeübertragende Umfassungsfläche A eines Nichtwohngebäudes in m<sup>2</sup> ist nach DIN V 18599 Teil 1 zu ermitteln. Die zu berücksichtigenden Flächen sind die Begrenzungen der beheizten Zonen entsprechend den Festlegungen zu den Begrenzungen in der DIN V 18599 Teil 1.
- Die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen muss dem Stand der Technik entsprechen und dauerhaft luftundurchlässig ausgeführt werden.
- Durchdringungen der Wärmedämmung sind thermisch zu entkoppeln, bzw. flankierend zu dämmen.

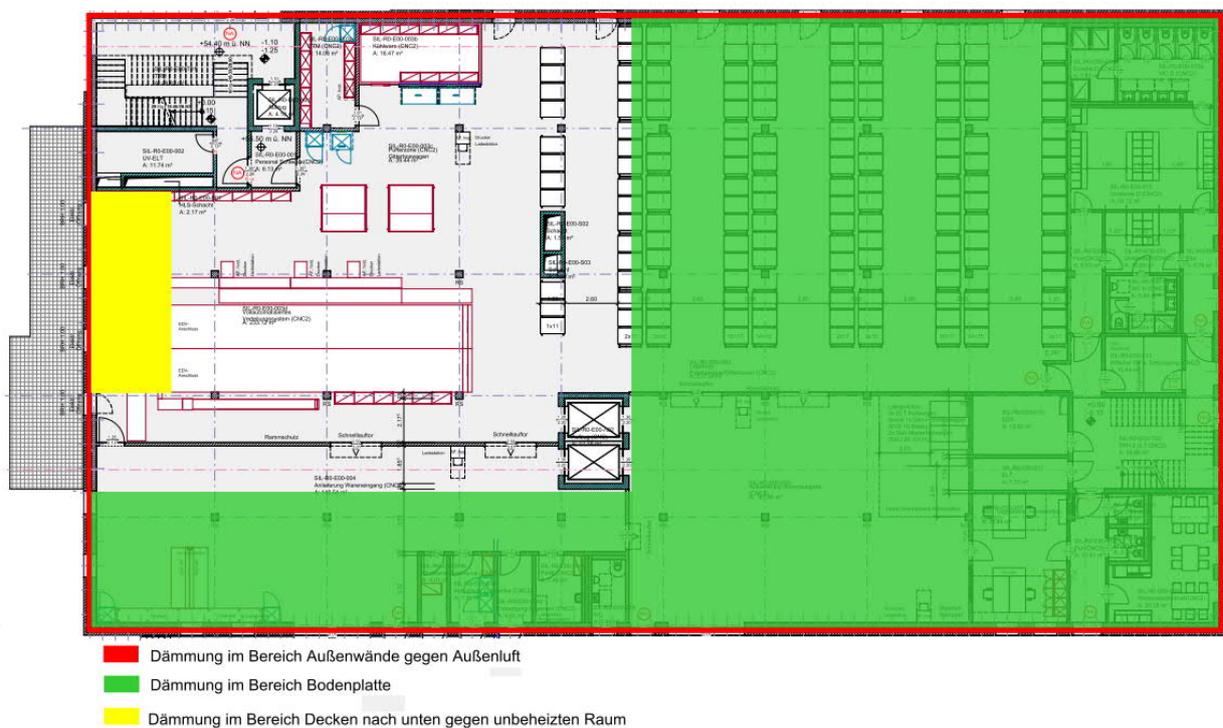
## 5 Dämmverlauf

Die thermische Hülle des berechneten Gebäudes verläuft wie folgt:



Übersicht 1: Der Dämmverlauf im UG.

Hinweis: Die Bodenplatte ist mit Unterdämmung nur im Bereich 5-Meter-Dämmstreifen.



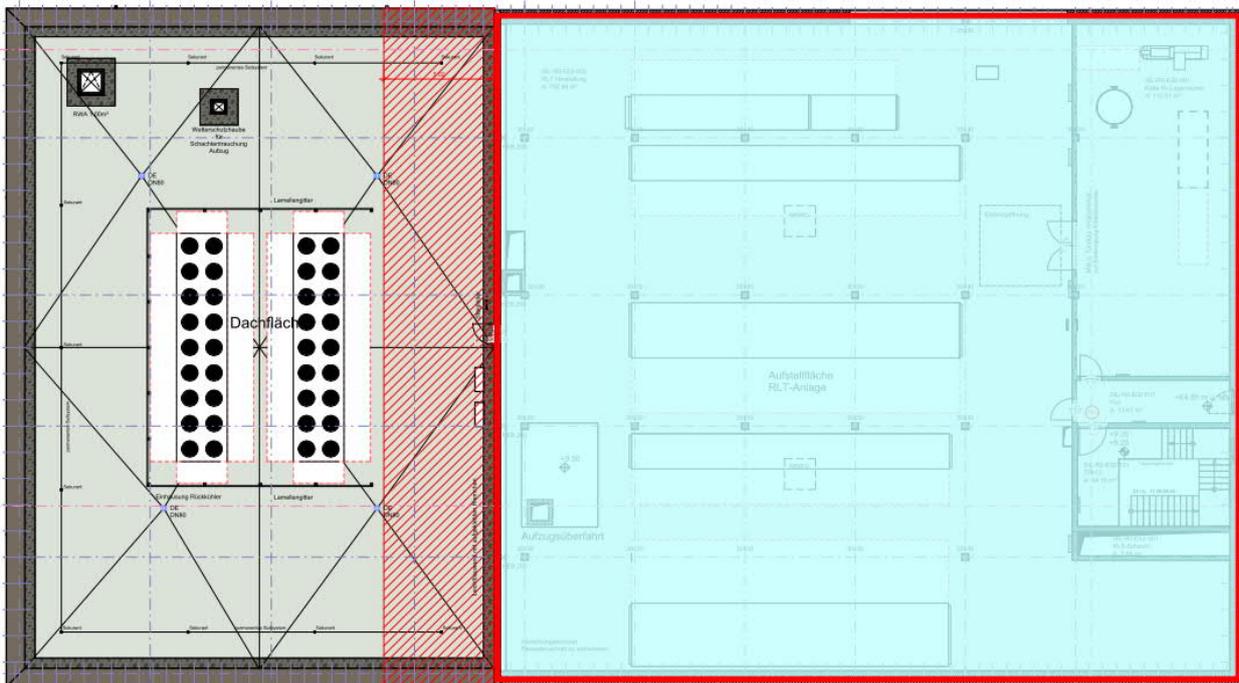
Übersicht 2: Der Dämmverlauf im EG

Hinweis: Die Bodenplatte ist mit Unterdämmung nur im Bereich 5-Meter-Dämmstreifen.



- Dämmung im Bereich Außenwände gegen Außenluft
- Dämmung im Bereich der Dächer

Übersicht 3: Der Dämmverlauf im 1. OG



- Dämmung im Bereich Außenwände gegen Außenluft
- Dämmung im Bereich der Dächer

Übersicht 4: Der Dämmverlauf im 2. OG

## 6 Bauteile

Die Bauteile können der Anlage 1 entnommen werden.

## 7 Angaben zur Haustechnik

### 7.1 Heizung

Detaillierte Beschreibung in Anlage 3, Punkt 13

Tabelle 3: angesetztes Heizsystem

Heizsystem	
Erzeugung:	WT Fernwärme in unbeheiztem Raum, Heizkreis-Temperatur sekundäre Seite 120 °C/55 °C, $P_f = 0,15$ (siehe Anlage 4)
Übergabe: Zone 4, 5 und 6	Fußbodenheizung Nasssystem mit Mindestdämmung, Regelung mit Warmwasser, P-Regler
Übergabe: Zone 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 und 10	Freie Heizflächen, Mindestdämmung, Regelung mit Warmwasser, P-Regler, vor Außenwand
Übergabe: Zone 7 und 8	RLT-Luftheizung mit Mindestdämmung, Regelung über Ablufttemperatur, hohe Regelgüte, dezentral
Verteilung:	Zweirohrnetz, hydraulisch abgeglichen, Pumpe: $\Delta p =$ variabel /konstant, bedarfsgerechte Auslegung, Pumpenmanagement, Netz-Typ: Steigstrangtyp, mehr als 8 Heizflächen, Absenkung, Ermittlung der Leitungslängen nach DIN V 18599-5  FBH: Vor-/Rücklauftemperatur: 35 °C/ 28 °C  Heizkörper: Vor-/Rücklauftemperatur: 60 °C/ 40 °C  Luftheizung: Vor-/Rücklauftemperatur: 60 °C/ 40 °C

### 7.2 Beleuchtung

Detaillierte Beschreibung in Anlage 3, Punkt 10

Tabelle 4: angesetzte Beleuchtungstechnik

Zonen	Technik Beleuchtung
Zonen 1, 5 und 10	LED-Leuchten, Beleuchtung indirekt/direkt, Vorschaltgeräte mit elektronischem VG,
Zonen 2, 3, 4, 6, 7, 8 und 9	LED-Leuchten, Beleuchtung direkt, Vorschaltgeräte mit elektronischem VG,

Zonen 2,4	Präsenzmelder
Zonen 1, 3, 5, 6, 7, 8, 10 und 11	ohne Regelung der Beleuchtung
Alle Zonen	Tageslichtabhängige Kontrollsystem: manuell
Alle Zonen	Ermittlung der elektrischen Anschlussleistung mittels Tabellenverfahren nach DIN V 18599-4

### 7.3 Raumluftechnik

Detaillierte Beschreibung in Anlage 3, Punkt 9

*Tabelle 5: angesetzte Raumluftechnik*

Zonen	Technik Raumluftechnik
Zonen 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10	Zu- und Abluftanlage balanciert mit Heiz- und Kühlfunktion (Zulufttemperatur im Heiz- und Kühlbetrieb 20 °C), Wärmerückgewinnung 68 %

### 7.4 Kühlung

Detaillierte Beschreibung in Anlage 3, Punkt 11

*Tabelle 6: angesetztes Kühlungssystem*

Zonen	Technik Kühlung
Erzeugung:	Kompressionskältemaschine, wassergekühlt, Schraubenverdichter, Trockenrückkühler 6°C, konstant, geschlossener Kreislauf, Axialventilator
Übergabe: Zonen 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10	RLT-Klimasystem; Kaltwasser 6°C/12°C, Kältemittel R515B, Brüstungs- und Deckengeräte 6 °C
Verteilung	mittlerer widerstand, intermittierend, praxisnah adaptiert, geregelt, drehzentralgeregeltete Pumpe

## 7.5 Trinkwarmwasser

Detaillierte Beschreibung in Anlage 3, Punkt 12

*Tabelle 7: angesetzte Trinkwarmwasserversorgung*

Zonen	Trinkwarmwasserversorgung
Zone 4,5, 6, 7 und 8	zentrale TWW-Versorgung, Zirkulation, Erzeugung FW wie Heizung, Netztyp, Steigestrangtyp, Leitungsführung: innen, gedämmt, Verteilungsumgebung: beheizt, Pumpe: bedarfsgerechte Auslegung, geregelt, hydraulisch abgeglichen, Speicher: Aufstellort beim Wärmeerzeuger, beheizt, stehend  Ermittlung Warmwasserbedarf flächenbezogen nach DIN V 18599-10

## 7.6 Photovoltaik

Detaillierte Beschreibung in Anlage 3, Punkt 12

*Tabelle 8: angesetzte Photovoltaik*

Photovoltaik
Generator-Neigung: 15°, Orientierung: Ost-West, 55,50 kWp, Gesamtoberfläche der PV-anlage: 255 m², PV-Ertrag: 49.685 kWh/Jahr  Ermittlung nach DIN V 18599-9 mit Anrechnung nach GEG § 23 Abs 2/3

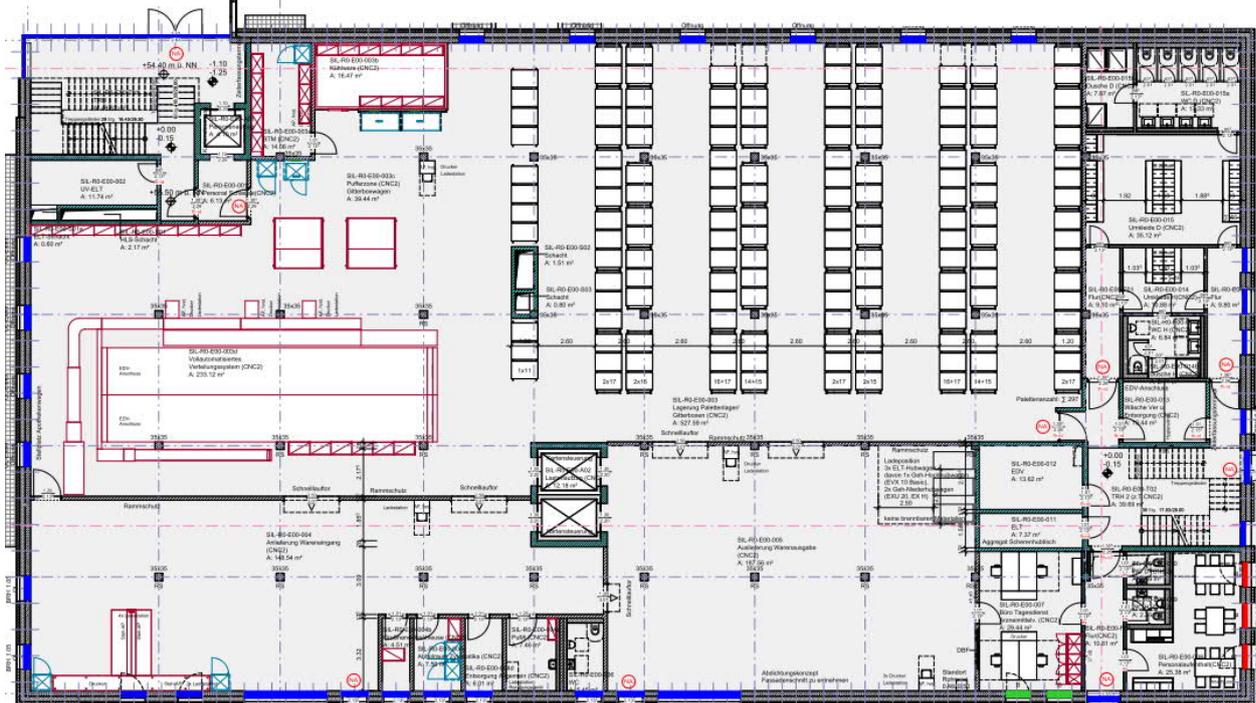
## 8 Angaben zum sommerlichen Wärmeschutz

Der Nachweis wurde mit dem vereinfachten Berechnungsverfahren (Standardverfahren gemäß DIN 4108-2 geführt.

Entsprechend der letztgenannten Norm befindet sich Hannover in der gemäßigten Klimaregion (B).

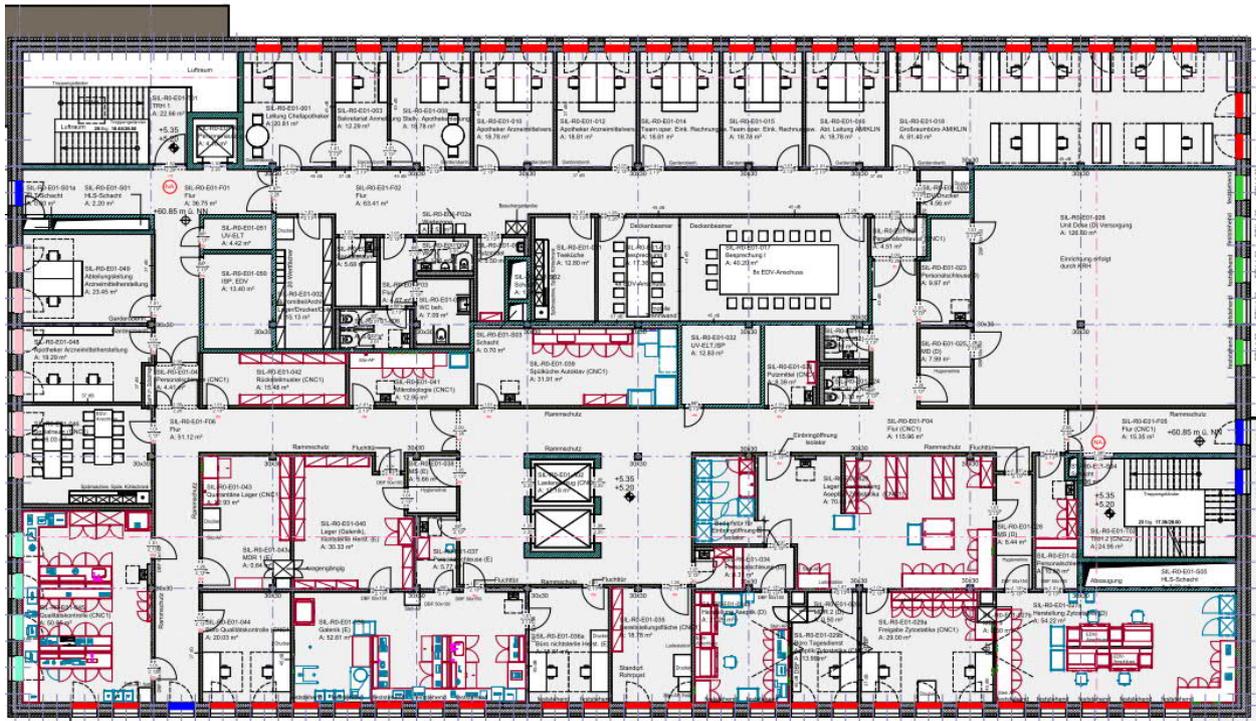
Aus den folgenden Übersichten sind die Berechnungsergebnisse ersichtlich. Die ausführlichen Berechnungen der maßgeblichen Räume sind in Anlage 2 enthalten.

- Dreiseibenwärmeschutzverglasung, g = 60%, mit außenliegendem Sonnenschutz und mit RLT-Nachtlüftung
- Dreiseibenwärmeschutzverglasung, g = 60%, mit außenliegendem Sonnenschutz und ohne RLT-Nachtlüftung
- Dreiseibenwärmeschutzverglasung, g = 60%, konstruktiv (keine Anforderung an den sommerl. Wärmeschutz)



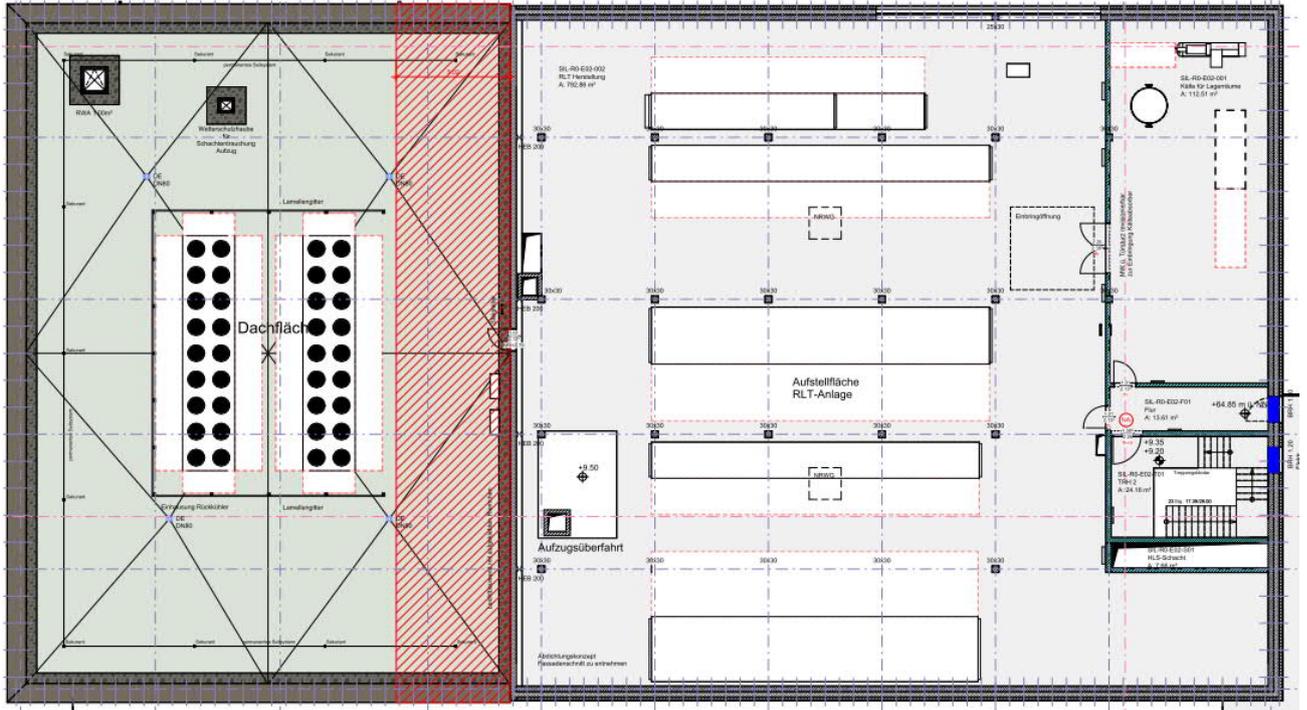
Übersicht 5: Ergebnisse sommerlicher Wärmeschutz EG

- Dreiseibenwärmeschutzverglasung, g = 60%, mit außenliegendem Sonnenschutz und mit RLT-Nachtlüftung
- Dreiseibenwärmeschutzverglasung, g = 60%, mit außenliegendem Sonnenschutz und ohne RLT-Nachtlüftung
- Dreiseibenwärmeschutzverglasung, g = 60%, mit innenliegendem Sonnenschutz und ohne RLT-Nachtlüftung bzw. mit RLT-Nachtlüftung und ohne Sonnenschutz
- Dreiseibenwärmeschutzverglasung, g = 58%, ohne außenliegenden Sonnenschutz und ohne RLT-Nachtlüftung
- Dreiseibenwärmeschutzverglasung, g = 60%, konstruktiv (keine Anforderung an den sommerl. Wärmeschutz)



Übersicht 6: Ergebnisse sommerlicher Wärmeschutz 1. OG

Dreischeibenwärmeschutzverglasung, g = 60%, konstruktiv (keine Anforderung an den sommerl. Wärmeschutz)



Übersicht 7: Ergebnisse sommerlicher Wärmeschutz 2. OG

## 9 Nachweis der Anforderungen aus GEG

### 9.1 Nachweis Höchstwerte des Wärmedurchgangskoeffizienten

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG, A3

		opake Bauteile [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fenster [W/(m <sup>2</sup> K)]	Vorhangf. [W/(m <sup>2</sup> K)]	Oberl. [W/(m <sup>2</sup> K)]
U <sub>max</sub>	T <sub>i</sub> ≥ 19°C	0,28	1,50	1,50	2,50
U <sub>max</sub>	T <sub>i</sub> < 19°C	0,50	2,80	3,00	3,10
<hr/>					
Zonen	T <sub>i</sub> ≥ 19°C	0,15	0,90	0,90	1,60
Zonen	T <sub>i</sub> < 19°C	0,22			1,60

Die Anforderungen des GEG an die opaken und transparenten Außenbauteile sind eingehalten.

### 9.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

Vorh. q<sub>p</sub> = 38,0 ≤ 84,6 kWh/(m<sup>2</sup>a), **Grenzwert wird eingehalten**

Die Anforderung des GEG an den Primärenergiebedarf ist eingehalten.

### 9.3 Nachweis der Nutzung von erneuerbaren Energien

Nachweis für privat genutzte Gebäude

Wärme- und Kälteenergiebedarf = 369859 + 0 + 10410 + 0 = 380.269 kWh/Jahr (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen  
genutzte Fernwärme zu 50% aus erneuerbarer Energie

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil		Nutzungs- anteil
		erzielt	gefordert	
Umweltenergie [Kälte-2]	17.759	4,7 %	50,0 %	9,4 %
Fernwärme [Heizwärme] [War	362.510	47,7 %	50,0 %	95,4 %
PV-Strom [PV-Strom]	28.741	7,6 %	15,0 %	50,7 %
				155,5 %

Maßnahmen zur Einsparung von Energie

Nachweis über die kleinste U-Wert-Unterschreitung nach Abs. 2.3, ohne Nachweis der QP-Unterschreitung

	Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs- anteil	
			erzielt	gefordert		
U-Werte	W/(m <sup>2</sup> K)	2,50	1,60	36,0 %	15,0 %	240,0 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 395,5 % ≥ Nutzungspflichtanteil = 100 %

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

#### 9.4 Nachweis Einhaltung der Anforderungen nach BEG 40

- Die U-Werte der Bauteile nach BEG 40 wurden eingehalten (sh. Anlage 3)
- Vorh.  $q_p = 38,0 \text{ kWh/m}^2\text{a} \leq \text{BEG 40 } q_p = 45,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , **Grenzwert wird eingehalten**

Bearbeiter:

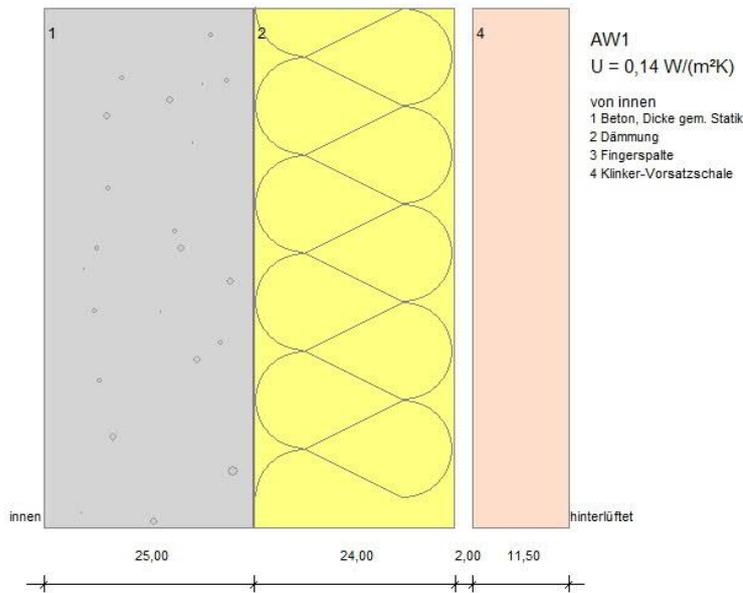
Muhamad Ayas Harfosh  
Dr.-Ing.

Heiko Winkler  
Dr.-Ing.

## Anlage 1: Bauteile

Im Folgenden werden prinzipielle Bauteilaufbauten aufgeführt, welche erfahrungsgemäß zur Erfüllung der Anforderungen des GEG und des BEG 40 führen.

### 1. AW1 (Außenwand mit WDVS)



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

#### Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	
$R_{si}$					0,13	
01 Beton, Dicke gem. Statik	25,00	2300	575,0	2,300	0,11	
02 Dämmung	24,00	20	4,8	0,035	6,86	
03 Fingerspalte	2,00	1	0,0	-	-	
04 Klinker-Vorsatzschale	11,50	1800	207,0	-	-	
$R_{se}$					0,13	
d = 62,50					G = 786,8	$R_T = 7,23$

#### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

#### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

$R = 6,97 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

**Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018***Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1)*Dampfteildruck der Raumluft  $p_i = \phi_i \cdot p_{\text{sat}}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168 \text{ Pa}$  (Gl.3)

erforderliche Mindestwärmehdurdhlasswiderstände

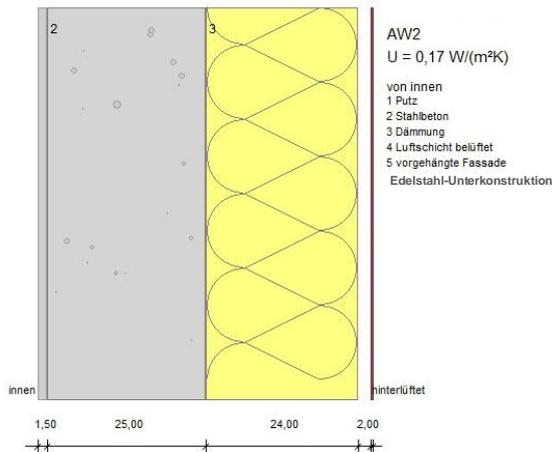
	$\phi_{\text{si, cr}}$	$p_{\text{sat}}$ Pa	$\theta_{\text{si}}(p_{\text{sat}})$ °C	R m <sup>2</sup> K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,53	2.217	19,14	6,97	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja

mit  $\phi_{\text{si, cr}}$  = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche $p_{\text{sat}} = p_i / \phi_{\text{si, cr}}$  = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und  $\theta_{\text{si}}(p_{\text{sat}})$  = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3) $R = R_{\text{si}} / (1 - f_{\text{Rsi}}) - R_{\text{si}} - R_{\text{se}}$  = erforderlicher / vorhandener Wärmehdurdhlasswiderstand (Gl.A.2 mit  $R_{\text{si}} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ )mit  $f_{\text{Rsi}} = (\theta_{\text{si}} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$  = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche*Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)*

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.

Diffusionsstromdichte = 0,028 g/m<sup>2</sup>h

**2. AW2 (Außenwand mit hinterlüfteter Vorhangfassade, Anlieferungsbereich)**



Bauteiltyp "Außenwand" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

**Querschnitt**

von innen	s cm	$\rho$ kg/m³	$\rho$ kg/m²	$\lambda$ W/(mK)	R m²K/W
$R_{si}$					0,13
01 Putz	1,50	1800	27,0	1,000	0,01
02 Stahlbeton	25,00	2400	600,0	2,300	0,11
03 Dämmung	24,00	20	4,8	0,035	6,86
04 Luftschicht belüftet	2,00	1	0,0	-	-
05 vorgehängte Fassade	-	-	-	-	-
06	-	-	-	-	-
$R_{se}$					0,13
d = 52,50      G = 631,8 $R_T = 7,24$					

**Wärmedurchgangskoeffizient**

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,138 + 0,030 = 0,17$  W/(m²K)

0,030 Abminderung vorgehängte Fassade mit **Edelstahlanker**  
0,000 Korrektur für Luftspalte, Dämmschicht dicht gestoßen.

U-Wert Gesamtkorrektur = 22%

**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

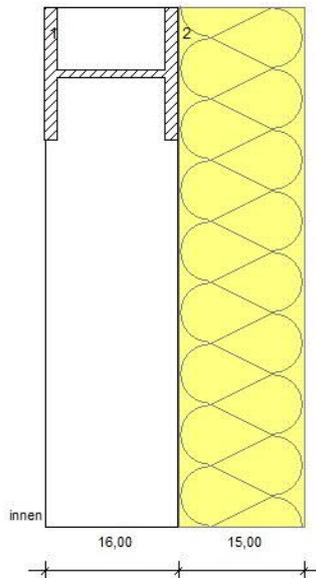
Wände beheizter Räume gegen Außenluft, Erdreich, Tiefgaragen (DIN 4108-2:2013).  
Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R = 6,98 \geq 1,20$  m²K/W erfüllt die Anforderungen

**Rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls**

Ein rechnerischer Nachweis nach DIN 4108-3:2018 ist nicht erforderlich, weil eine nachweisfreie Konstruktion vorliegt (Einschalige Außenwand aus Normalbeton mit Innenputz und hinterlüfteter Außenwandbekleidung nach DIN 18516 mit oder ohne Wärmedämmung).

3. AW 3 (Außenwand der Lüftungszentrale, Nordfassade)



AW3  
 $U = 0,32 \text{ W/(m}^2\text{K)}$   
 von innen  
 1 Tragkonstruktion gem. Statik  
 2 Isopaneel

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

Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W
$R_{si}$					0,13
01 Tragkonstruktion gem. Statik	16,00	-	50,0	-	-
02 Isopaneel	15,00	20	3,0	0,050	3,00
$R_{se}$					0,04
$d =$					31,00
$G =$					53,0
$R_T =$					3,17

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,32 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (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  $< 100 \text{ kg/m}^2$

$R = 3,00 \geq 1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1)

Dampfteildruck der Raumluft  $p_i = \phi_i * p_{sat}(\theta_i) = 0,50 * 2.337 = 1.168 \text{ Pa}$  (Gl.3)  
 erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

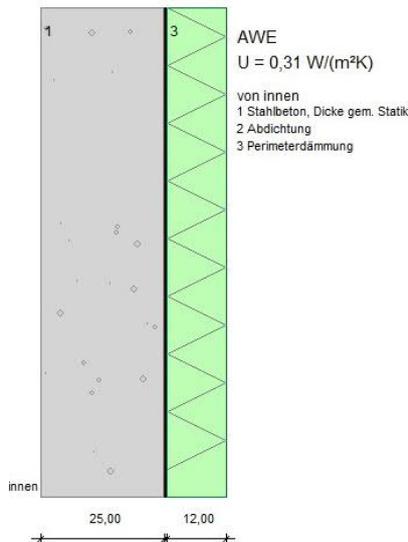
	$\phi_{si,cr}$	$p_{sat}$ Pa	$\theta_{si}(p_{sat})$ °C	R m <sup>2</sup> K/W	ausreichend
vorhandene Werte	0,56	2.079	18,10	3,00	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja

mit  $\phi_{si,cr}$  = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche  
 $p_{sat} = p_i / \phi_{si,cr}$  = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und  $\theta_{si}(p_{sat})$  = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)  
 $R = R_{si} / (1 - f_{Rsi}) - R_{si} - R_{se}$  = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit  $R_{si} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ )  
mit  $f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$  = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

*Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)*

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.  
Diffusionsstromdichte = 1,826 g/m<sup>2</sup>h

4. AWE (Außenwand gegen Erdreich)



Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{Si} = 0,13$  und  $R_{Se} = 0,00$  m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m³	$\gamma$ kg/m³	$\lambda$ W/(mK)	R m²K/W
$R_{Si}$					0,13
01 Stahlbeton, Dicke gem. Statik	25,00	2300	575,0	2,300	0,11
02 Abdichtung	0,50	1050	5,3	0,170	0,03
03 Perimeterdämmung	12,00	25	3,0	0,040	3,00
$R_{Se}$					0,00
$d =$					37,50
$G =$					583,3
$R_T =$					3,27

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,31$  W/(m²K)

0,000 Korrektur für Luftspalte, Dämmschicht dicht gestoßen.

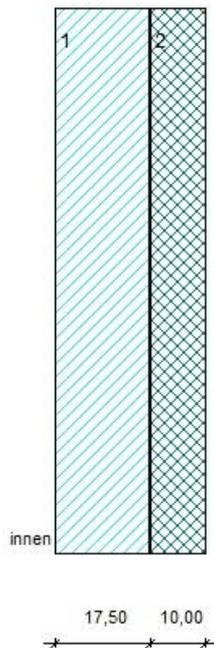
U-Wert Gesamtkorrektur < 3%  $\Rightarrow U = 0,306$  W/(m²K) (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

$R = 3,14 \geq 1,20$  m²K/W erfüllt die Anforderungen

5. IW 1 (Innenwand gegen Trafo)



IW1  
U = 0,41 W/(m²K)  
von innen  
1 Kalksandstein-MW 2200  
2 Tektalan A2-TK

Bauteiltyp "Außenwand" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m³	kg/m²	$\lambda$ W/(mK)	R m²K/W
$R_{si}$					0,13
01 KS-Mauerwerk	17,50	2200	385,0	1,300	0,13
02 Tektalan A2-TK	10,00	120	12,0	0,042	2,36
$R_{se}$					0,04
d = 27,50      G = 397,0 $R_T = 2,67$					

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,375 + 0,035 = 0,41$  W/(m²K)

0,035 Korrektur für Befestigungsteile (Fe)  $\Delta U_f = 0,8 \cdot \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f / d_0 \cdot (R_1 / R_{T,h})^2$

3,33 Befestigungselemente / m² mit  $\lambda_f = 60,000$  W/(mK),  $A_f = 28$  mm²/St,  $d_0 = 0,100$  m,  $R_1 / R_{T,h} = 2,36 / 2,67$  m²K/W

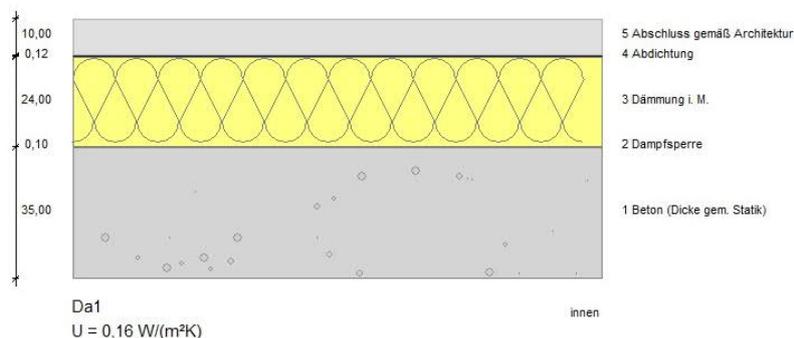
U-Wert Gesamtkorrektur = 9%

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

R 2,50  $\geq$  1,20 m²K/W erfüllt die Anforderungen

6. Da1 (Dach)



Bauteiltyp "Dachdecke" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{Si} = 0,10$  und  $R_{Se} = 0,04$  m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m³	kg/m²	$\lambda$ W/(mK)	R m²K/W
$R_{Si}$					0,10
01 Beton (Dicke gem. Statik)	35,00	2300	805,0	2,300	0,15
02 Dampfsperre	0,10	-	-	-	-
03 Dämmung i. M.	24,00	20	4,8	0,040	6,00
04 Abdichtung	0,12	-	1,5	-	-
05 Abschluss gemäß Architektur	10,00	1000	100,0	-	-
$R_{Se}$					0,04
d = 69,22      G = 911,3 $R_T = 6,29$					

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,16$  W/(m²K)  
0,000 Korrektur für Luftspalte, Dämmschicht dicht gestoßen.

U-Wert Gesamtkorrektur < 3%  $\Rightarrow U = 0,159$  W/(m²K) (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Decken beheizter Räume nach oben gegen Außenluft (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 6,15 \geq 1,20 \quad \text{m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1)

Dampfteildruck der Raumluft  $p_i = \phi_i * p_{sat}(\theta_i) = 0,50 * 2.337 = 1.168$  Pa (Gl.3)  
erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{Si,cr}$	$p_{sat}$ Pa	$\theta_{Si}(p_{sat})$ °C	R m²K/W	ausrei- chend
vorhandene Werte	0,53	2.196	19,03	6,15	
Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja

mit  $\phi_{Si,cr}$  = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche  
 $p_{sat} = p_i / \phi_{Si,cr}$  = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und  $\theta_{Si}(p_{sat})$  = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)  
 $R = R_{Si} / (1 - f_{R_{Si}}) - R_{Si} - R_{Se}$  = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit  $R_{Si} = 0,25$  W/(m²K))  
 mit  $f_{R_{Si}} = (\theta_{Si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$  = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

*Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)*

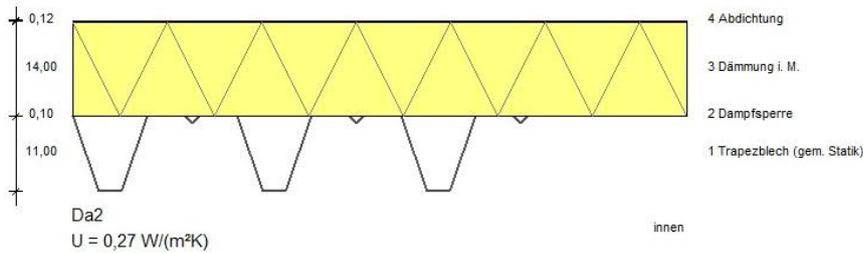
Dampfdrücke	$P_i$	$P_c$	$P_e$
Tauperiode [Pa]	1.169	408	321
Verdunstungsperiode [Pa]	1.200	2.000	1.200
sd-Wert [m]	0	128,24	150,14
Taubene / Taubereich	$M_c$ g/m <sup>2</sup>	$M_{ev}$ g/m <sup>2</sup>	$t_{ev}$ h
vor Abdichtung	* 3	67	99

\* Kapillar nicht wasseraufnahmefähige Baustoffschichten in der Tauebene

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich (Abs.5.2.1)

Tauwassermassen  $M_c \leq 500 \text{ g/m}^2$ , Verdunstungsmassen  $M_{ev} \geq M_c$

**7. Da2 (Dach im Bereich Technikzentrale)**



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

**Querschnitt**

von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W		
$R_{si}$					0,10		
01 Trapezblech (gem. Statik)	11,00	-	10,0	-	-		
02 Dampfsperre	0,10	-	-	-	-		
03 Dämmung i. M.	14,00	80	11,2	0,040	3,50		
04 Abdichtung	0,12	-	1,5	-	-		
$R_{se}$					0,04		
		d =	25,22	G =	22,7	$R_T =$	3,64

**Wärmedurchgangskoeffizient**

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,27 \text{ W/(m}^2\text{K)}$   
0,000 Korrektur für Luftspalte, Dämmschicht dicht gestoßen.

U-Wert Gesamtkorrektur < 3%  $\Rightarrow U = 0,275 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2**

Decken beheizter Räume nach oben gegen Außenluft (DIN 4108-2:2013). Mindestanforderungen nach Tab.3.

$R \quad 3,50 \geq 1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

**Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2018**

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.5)

$R_{min} = 0,29 < 3,50 \text{ m}^2\text{K/W} = R_{vorh}$ , in Ordnung nach DIN 4108-3, A.12  
 Mindest-Wärmedurchlasswiderstand  $R_{min} = R_{si} * ((\theta_i - \theta_e) / (\theta_i - \theta_s)) - (R_{si} + R_{se}) = 0,29$   
 mit Gl. A.12 und DIN 4108-2 Abs.6.2 mit  $R_{si} / R_{se} = 0,25 / 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$  und  $\theta_i / \theta_e = 20 / -5 \text{ }^\circ\text{C}$   
 Die Taupunkttemperatur der Raumluft (20,0°C 50%) beträgt  $\theta_s = 9,3 \text{ }^\circ\text{C}$  (DIN 4108-3, Tab. A.2)

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)

Taubene vor Schicht "Abdichtung"

$$m_{W,T} = 1440 * \left( \frac{1170 - 267}{130,14} - \frac{267 - 208}{21,60} \right) / 1500 = 4,0 \text{ g/m}^2 \text{ Tauwasser}$$

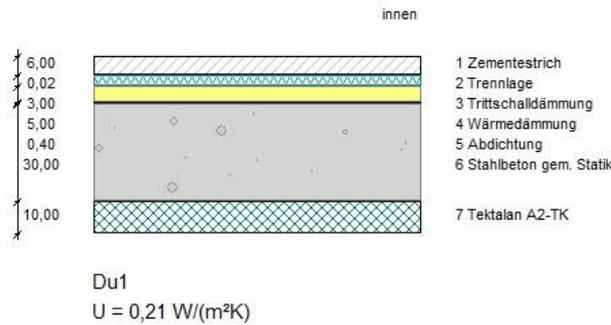
$$m_{W,V} = 2160 * \left( \frac{2340 - 982}{130,14} + \frac{2340 - 982}{21,60} \right) / 1500 = 105,6 \text{ g/m}^2 \text{ Verdunstung}$$

Die Tauwasserbildung im Bauteil ist im Sinne von DIN 4108-3 unschädlich, da  $m_{W,T} < \text{zul } m_{W,T}$  und  $m_{W,V} > m_{W,T}$

Mindest- $s_d$ -Wert einer innenliegenden Dampfsperre für eine tauwasserfreie Konstruktion:

$s_{d,erf} = s_{de} * (p_i - p_e) / (p_{sw} - p_e) - s_{di} - s_{de} = 21,60 * (1170 - 208) / (267 - 208) - 130,14 - 21,60 = 200,4 \text{ m}$

8. Du1 (Decke nach unten gegen Außenluft, Trafobereich)



Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m³	kg/m²	$\lambda$ W/(mK)	R m²K/W
$R_{si}$					0,17
01 Zementestrich	6,00	2000	120,0	1,400	0,04
02 Trennlage	0,02	1000	0,2	-	-
03 Trittschalldämmung	3,00	20	0,6	0,040	0,75
04 Wärmedämmung	5,00	20	1,0	0,040	1,25
05 Abdichtung	0,40	1100	4,4	0,230	0,02
06 Stahlbeton gem. Statik	30,00	2300	690,0	2,300	0,13
07 Tektalan A2-TK	10,00	120	12,0	0,042	2,36
$R_{se}$					0,04
d = 54,42      G = 828,2 $R_T = 4,76$					

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,197 + 0,012 = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,000 Korrektur für Luftspalte, mehrlagige Dämmschicht

0,012 Korrektur für Befestigungsteile (Fe)  $\Delta U_f = 0.8 \cdot \lambda_f \cdot n_f \cdot A_f / d_0 \cdot (R_1 / R_{T,h})^2$

3,33 Befestigungselemente / m² mit  $\lambda_f = 60,000 \text{ W/(mK)}$ ,  $A_f = 28 \text{ mm}^2/\text{St}$ ,  $d_0 = 0,100 \text{ m}$ ,  $R_1 / R_{T,h} = 2,67 / 5,07 \text{ m}^2\text{K/W}$

U-Wert Gesamtkorrektur = 6%

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Decken gegen Außenluft, Garagen (auch beheizte), Durchfahrten und belüftete Kriechkeller (DIN 4108-2:2013. Mindestanforderungen nach Tab.3.

R 4,86  $\geq 1,75 \text{ m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

Klimabedingter Feuchteschutz DIN 4108-3:2014

Vermeidung kritischer Feuchte auf Innenoberflächen (A.1)

Dampfteildruck der Raumluft  $p_i = \phi_i \cdot p_{sat}(\theta_i) = 0,50 \cdot 2.337 = 1.168 \text{ Pa}$  (Gl.3)

erforderliche Mindestwärmedurchlasswiderstände

	$\phi_{si,cr}$	$p_{sat}$ Pa	$\theta_{si}(p_{sat})$ °C	R m²K/W	ausreichend
vorhandene Werte	0,54	2.172	18,79	4,86	

---

Grenzwert für Tauwasserbildung	1,00	1.169	9,27	0,29	ja
Grenzwert für Schimmelpilzbildung	0,80	1.461	12,62	0,56	ja

mit  $\phi_{s_i,cr}$  = kritischer / vorhandener Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Bauteiloberfläche

$p_{sat} = p_i / \phi_{s_i,cr}$  = zugehöriger Sättigungsdampfdruck und  $\theta_{s_i}(p_{sat})$  = zugehörige Oberflächentemperatur (Gl.3)

$R = R_{s_i} / (1 - f_{R_{s_i}}) - R_{s_i} - R_{s_e}$  = erforderlicher / vorhandener Wärmedurchlasswiderstand (Gl.A.2 mit  $R_{s_i} = 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ )

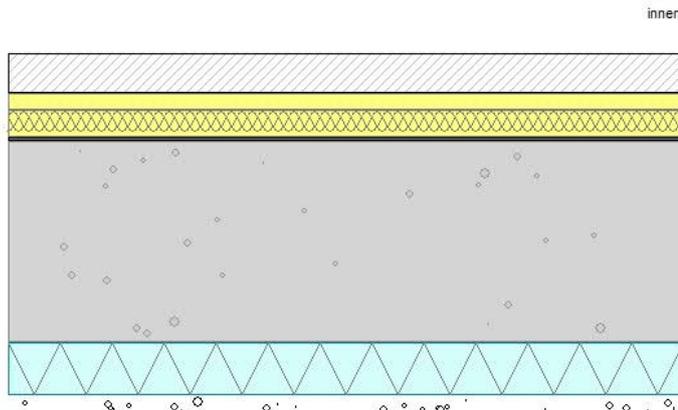
mit  $f_{R_{s_i}} = (\theta_{s_i} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$  = Temperaturfaktor der Bauteiloberfläche

#### *Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen (A.2)*

Keine Tauwasserbildung im Bauteil.

Diffusionsstromdichte = 0,002 g/m<sup>2</sup>h

9. So1 (Bodenplatte im UG bzw. im EG innerhalb der 5m-Dämmstreifen)



So1-BEG40-EG  
U = 0,25 W/(m²K)

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00$  m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m³	kg/m²	$\lambda$ W/(mK)	R m²K/W
$R_{si}$					0,17
01 Zementestrich	6,00	2000	120,0	1,400	0,04
02 Trennlage	0,02	1000	0,2	-	-
03 Trittschalldämmung	2,50	20	0,5	0,040	0,63
04 Dämmung	4,00	20	0,8	0,040	1,00
05 Abdichtung	0,50	1050	5,3	-	-
06 Stahlbeton gemäß Statik	30,00	2300	690,0	2,300	0,13
07 Perimeterdämmung	8,00	20	1,6	0,040	2,00
$R_{se}$					0,00
d = 51,02      G = 818,4 $R_T = 3,97$					

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,25$  W/(m²K)

0,000 Korrektur für Luftspalte, Dämmschicht dicht gestoßen.

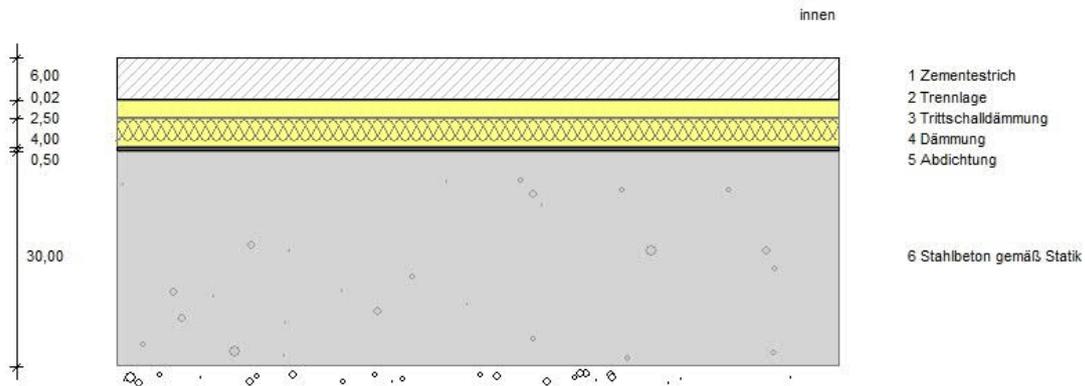
U-Wert Gesamtkorrektur < 3%  $\Rightarrow U = 0,252$  W/(m²K) (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

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 3,80  $\geq$  0,90 m²K/W erfüllt die Anforderungen

10. So1(Bodenplatte im EG außerhalb der 5m-Dämmstreifen)



SoK1-BEG40-EG  
U = 0,51 W/(m²K)

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00$  m²K/W

Querschnitt

von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/(mK)	R m²K/W
$R_{si}$					0,17
01 Zementestrich	6,00	2000	120,0	1,400	0,04
02 Trennlage	0,02	1000	0,2	-	-
03 Trittschalldämmung	2,50	20	0,5	0,040	0,63
04 Dämmung	4,00	20	0,8	0,040	1,00
05 Abdichtung	0,50	1050	5,3	-	-
06 Stahlbeton gemäß Statik	30,00	2300	690,0	2,300	0,13
$R_{se}$					0,00
d = 43,02      G = 816,8 $R_T = 1,97$					

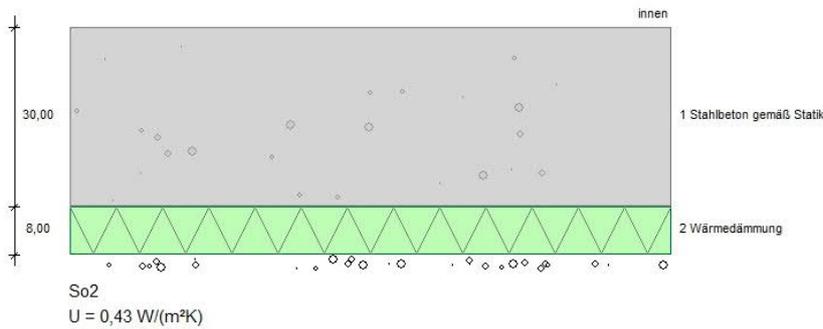
Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,51$  W/(m²K)

0,000 Korrektur für Luftspalte, Dämmschicht dicht gestoßen.

U-Wert Gesamtkorrektur < 3% ⇒  $U = 0,508$  W/(m²K) (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

**11. So2 (Bodenplatte des Aufzuges)**



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{Si} = 0,17$  und  $R_{Se} = 0,00$  m²K/W

**Querschnitt**

von innen	s cm	$\rho$ kg/m³	kg/m²	$\lambda$ W/(mK)	R m²K/W
$R_{Si}$					0,17
01 Stahlbeton gemäß Statik	30,00	2300	690,0	2,300	0,13
02 Wärmedämmung	8,00	25	2,0	0,040	2,00
$R_{Se}$					0,00
d = 38,00      G = 692,0 $R_T = 2,30$					

**Wärmedurchgangskoeffizient**

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,43$  W/(m²K)  
0,000 Korrektur für Luftspalte, Dämmschicht dicht gestoßen.

U-Wert Gesamtkorrektur < 3%  $\Rightarrow U = 0,435$  W/(m²K) (EN ISO 6946:2008, Nr.7)

**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.

$R \quad 2,13 \geq 0,90 \quad \text{m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

## 12. Außentüren, Außenfenster und Pfosten-Riegelfassaden

### Außentüren

**Bauteil:** Außentür mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

Gesamtbau teil  $U_d \leq 1,60$  W/m<sup>2</sup>K

**Bauteil:** Sektionaltor mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

Gesamtbau teil  $U_d \leq 1,60$  W/m<sup>2</sup>K

### Posten-Riegel-Fassade bzw. Außenfenster

**Bauteil:** PRF-Fassade mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

Gesamtbau teil:  $U_{PRF} \leq 0,90$  W/m<sup>2</sup>K, Dreischeibenverglasung

**Bauteil:** Außenfenster mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

Gesamtbau teil:  $U_w \leq 0,90$  W/m<sup>2</sup>K, Dreischeibenverglasung

**Anlage 2: Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2: 02.2013****1 SIL-R0-E00-007 – Büro Tagesdienst im EG**

Der Nachweis für den Raum Büro Tagesdienst im EG mit der Nettogrundfläche  $A_G = 29,44 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_w$ [m <sup>2</sup> ]	g [%]	$F_c$	$A_w * g * F_c$
1 AF_W	West 90°	3,71	60	0,25	0,56
		3,7 m <sup>2</sup>			0,56

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen:  $F_c = 0,25$  Verglasung  $g > 0,4$  dreifach + Jalousien / Raffstore, 45° Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil =  $3,71 / 29,44 = 0,13$  (13%)

vorh. Sonneneintragskennwert  $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G = 0,56 / 29,44 = \mathbf{0,019}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

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

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,015 ( $f_{WG} = 0,13$ )
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert $S_+$	+0,015

$S_{\text{vorh}} = 0,019 \leq 0,028 = S_{\text{zul}} (= 0,013 + 0,015)$  **Nachweis erbracht**

**2 SIL-R0-E00-008 – Personalaufenthalt im EG**

Der Nachweis für den Raum Personalaufenthalt im EG mit der Nettogrundfläche  $A_G = 25,38 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_w$ [m <sup>2</sup> ]	g [%]	$F_c$	$A_w * g * F_c$
1 AF_S	Süd 90°	10,25	60	0,25	1,54
10,2 m <sup>2</sup>					1,54

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen:  $F_c = 0,25$  Verglasung  $g > 0,4$  dreifach + Jalousien / Raffstore, 45° Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil =  $10,25 / 25,38 = 0,40$  (40%)

vorh. Sonneneintragskennwert  $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G = 1,54 / 25,38 = \mathbf{0,061}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

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

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	-0,016 ( $f_{WG} = 0,40$ )
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert $S_+$	-0,016

$S_{\text{vorh}} = 0,061 \leq 0,065 = S_{\text{zul}} (= 0,081 - 0,016)$  **Nachweis erbracht**

**3 SIL-R0-E01-010 – Apotheker Arzneimittelver. im 1. OG**

Der Nachweis für den Raum Apotheker Arzneimittelver. im 1.OG mit der Nettogrundfläche  $A_G = 18,78 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_w$ [m <sup>2</sup> ]	g [%]	$F_c$	$A_w * g * F_c$
1 AF_O	Ost 90°	3,71	60	0,25	0,56
		3,7 m <sup>2</sup>			0,56

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen:  $F_c = 0,25$  Verglasung  $g > 0.4$  dreifach + Jalousien / Raffstore, 45° Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil =  $3,71 / 18,78 = 0,20$  (20%)

vorh. Sonneneintragskennwert  $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G = 0,56 / 18,78 = \mathbf{0,030}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	leicht
Nachtlüftung	erhöht, $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$
Sonneneintragskennwert $S_1$	+0,060

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,007 ( $f_{WG} = 0,20$ )
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert $S_+$	+0,007

$S_{\text{vorh}} = 0,030 \leq 0,067 = S_{\text{zul}} (= 0,060 + 0,007)$  **Nachweis erbracht**

**4 SIL-R0-E01-018 – Großraumbüro AMIKLIN im 1. OG**

Der Nachweis für den Raum Großraumbüro AMIKLIN im 1.OG mit der Nettogrundfläche  $A_G = 81,40 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_w$ [m <sup>2</sup> ]	g [%]	$F_c$	$A_w * g * F_c$
1 AF_O	Ost 90°	12,99	60	0,25	1,95
2 AF_S	Süd 90°	3,71	60	0,25	0,56
16,7 m <sup>2</sup>					2,51

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen:  $F_c = 0,25$  Verglasung  $g > 0.4$  dreifach + Jalousien / Raffstore, 45° Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil =  $16,70 / 81,32 = 0,21$  (21%)

vorh. Sonneneintragskennwert  $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G = 2,51 / 81,32 = \mathbf{0,031}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

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

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,006 ( $f_{WG} = 0,21$ )
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert $S_+$	+0,006

$S_{\text{vorh}} = 0,031 \leq 0,087 = S_{\text{zul}} (= 0,081 + 0,006)$  **Nachweis erbracht**

**5 SIL-R0-E01-026 – Uni Dose Versorgung im 1. OG**

Der Nachweis für den Raum Unit Dose Versorgung im 1.OG mit der Nettogrundfläche  $A_G = 126,80 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_w$ [m <sup>2</sup> ]	$g$ [%]	$F_c$	$A_w * g * F_c$
1 AF_S	Süd 90°	9,28	60	0,25	1,39
9,3 m <sup>2</sup>					1,39

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen:  $F_c = 0,25$  Verglasung  $g > 0.4$  dreifach + Jalousien / Raffstore, 45° Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil =  $9,28 / 126,79 = 0,07$  ( 7%) (nachweisfrei)

vorh. Sonneneintragskennwert  $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G = 1,39 / 126,79 = \mathbf{0,011}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

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

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,022 ( $f_{WG} = 0,07$ )
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	-0,000
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert $S_+$	+0,022

$S_{\text{vorh}} = 0,011 \leq 0,035 = S_{\text{zul}} (= 0,013 + 0,022)$  **Nachweis erbracht**

**6 SIL-R0-E01-029b Büro Tagesdienst Aspetik/Zytostatika im 1. OG**

Der Nachweis für den Raum Büro Tagesdienst Aspetik/Zytostatika im 1.OG mit der Nettogrundfläche  $A_G = 13,99 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_W$ [m <sup>2</sup> ]	g [%]	$F_C$	$A_W * g * F_C$
1 AF_W	West 90°	3,71	60	0,25	0,56
3,7 m <sup>2</sup>					0,56

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen:  $F_C = 0,25$  Verglasung  $g > 0,4$  dreifach + Jalousien / Raffstore, 45° Lamellenstellung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil =  $3,71 / 13,99 = 0,27$  (27%)

vorh. Sonneneintragskennwert  $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G = 0,56 / 13,99 = \mathbf{0,040}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	leicht
Nachtlüftung	erhöht, $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$
Sonneneintragskennwert $S_1$	+0,060

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

$S_{\text{vorh}} = 0,040 \leq 0,059 = S_{\text{zul}} (= 0,060 - 0,001)$  **Nachweis erbracht**

**7 SIL-R0-E01-045 Qualitätskontrolle im 1. OG**

Der Nachweis für den Raum Qualitätskontrolle im 1.OG mit der Nettogrundfläche  $A_G = 50,65 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

**Variante 1:** Berechnung mit Innenliegendem Sonnenschutz und ohne RLT-Nachtlüftung

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_w$ [m <sup>2</sup> ]	g [%]	$F_c$	$A_w * g * F_c$
1 AF_W	West 90°	3,71	60	0,25	0,56
2 AF_N	Nord 90°	7,42	60	0,70	3,12
11,1 m <sup>2</sup>					3,67

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen:  $F_c = 0,25$  Verglasung  $g > 0.4$  dreifach + Jalousien / Raffstore, 45°  
Lamellenstellung ~ ohne Sonnenschutzvorrichtung ~  $F_c = 0,7$  Verglasung  $g > 0.4$  dreifach + Sonnenschutz innenliegend, weiß oder reflektierend

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil =  $11,13 / 50,65 = 0,22$  (22%)

vorh. Sonneneintragskennwert  $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G = 3,67 / 50,65 = \mathbf{0,072}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	leicht
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert $S_1$	+0,007

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,005 ( $f_{WG} = 0,22$ )
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	+0,067
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert $S_+$	+0,072

$S_{\text{vorh}} = 0,072 \leq 0,079 = S_{\text{zul}} (= 0,007 + 0,072)$  **Nachweis erbracht**

**Variante 2:** Berechnung mit RLT-Nachtlüftung und ohne Sonnenschutz

1 AF_W	West	90°	3,71	60	0,25	0,56
2 AF_N	Nord	90°	7,42	60	1,00	4,45
			11,1 m <sup>2</sup>			5,01

eingesetzte Sonnenschutzvorrichtungen:  $F_c = 0,25$  Verglasung  $g > 0.4$  zweifach + Jalousien / Raffstore, 45°  
Lamellenstellung ~ ohne Sonnenschutzvorrichtung

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil =  $11,13 / 50,65 = 0,22$  (22%)

vorh. Sonneneintragskennwert  $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{w,i} \cdot g_i \cdot F_{c,i}) / A_G = 5,01 / 50,65 = \mathbf{0,099}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	leicht
Nachtlüftung	erhöht, $n \geq 2 \text{ h}^{-1}$
Sonneneintragskennwert $S_1$	+0,060

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,005 ( $f_{\text{WG}} = 0,22$ )
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	+0,067
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert $S_+$	+0,072

$S_{\text{vorh}} = 0,099 \leq 0,132 = S_{\text{zul}} (= 0,060 + 0,072)$  **Nachweis erbracht**

**8 SIL-R0-E01-048 Apotheker Arzneimittelherstellung im 1. OG**

Der Nachweis für den Raum Apotheker Arzneimittelherstellung im 1.OG mit der Nettogrundfläche  $A_G = 19,29 \text{ m}^2$

Ein rechnerischer Nachweis ist erforderlich

Fensterflächen	Orientierung / Neigung	$A_w$ [m <sup>2</sup> ]	$g$ [%]	$F_c$	$A_w * g * F_c$	
1 AF_N	Nord 90°	3,71	58	1,00	2,15	
					3,7 m <sup>2</sup>	2,15

grundflächenbezogener Fensterflächenanteil =  $3,71 / 19,29 = 0,19$  (19%)

vorh. Sonneneintragskennwert  $S_{\text{vorh}} = (\sum A_{w,i} * g_i * F_{c,i}) / A_G = 2,15 / 19,29 = \mathbf{0,111}$

zulässiger Sonneneintragskennwert

Klimaregion	B gemäßigt
Gebäudenutzung	Nichtwohngebäude
Bauart	leicht
Nachtlüftung	ohne
Sonneneintragskennwert $S_1$	+0,007

Korrekturen	
für Fensterflächenanteil	+0,008 ( $f_{WG} = 0,19$ )
für Sonnenschutzverglasung	-0,000
für geneigte Fenster	-0,000
für nordorientierte Fenster >60°	+0,100
für passive Kühlung	-
Sonneneintragskennwert $S_+$	+0,108

$S_{\text{vorh}} = 0,111 \leq 0,115 = S_{\text{zul}} (= 0,007 + 0,108)$  **Nachweis erbracht**

## Anlage 3: Berechnung nach DIN V 18599

### Energetische Bewertung von Gebäuden

Projekt: 20IB-072ZAP

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 6946:2018, 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 "211130-EG40-Berechnung"

Nachweisverfahren

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

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

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

#### 1.0 Geplante Gebäudezonen (DIN V 18599-1)

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

Zone	Typ	$t_{\text{nutz}}$ d/a	$\vartheta_i$ °C	$\vartheta_{i,WE}$ °C	$A_{NGF}$ m <sup>2</sup>	$V_i$ m <sup>3</sup>
1 Büro	202 Gruppenbüro	250	20,0	17,4	394	1102
2 Verkehrsflächen	218 Nebenflächen	250	20,1	17,3	754	2709
3 Technik	220 Lager, Techn	250	16,2	14,1	1307	4907
4 Sanitär	216 WC und Sanit	250	19,9	17,5	100	328
5 Aufenthalt	217 Sonstige Auf	250	19,9	17,4	135	456
6 Logistik	220 Lager, Techn	250	20,1	17,4	1150	4601
7 Labor	236 Labor	250	20,0	20,0	243	656
8 Herstellungslabore	236 Labor	250	20,0	20,0	76	204
9 Lager	220 Lager, Techn	250	20,0	20,0	225	677
10 Besprechung	204 Besprechung,	250	19,9	17,9	58	155

4.442 15.796

Gebäude,  $A_{NGF} = 4441,6 \text{ m}^2$ ,  $n_G = 4$  Geschosse

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

$A_{NGF}$  = Nettogrundfläche,  $V_i$  = Nettoluftvolumen

$\vartheta_i$  = mittlere Innentemperatur für Januar, ggf. bei eingeschränktem Heizbetrieb

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

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

$\vartheta_i$  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<sub>max</sub>-Nachweis) GEG § 19

Hüllfläche	Zone	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	F <sub>x</sub>	Anmerkungen	H <sub>T</sub> W/K
AF-ohne	N 1:0	7,4	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	6,7
AF-mit	O 1:0	52,0	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	46,8
AF-mit	S 1:0	3,7	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	3,3
AF-mit	W 1:0	22,3	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	20,0
AF-ohne	N 5:0	3,7	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	3,3
AF-mit	S 5:0	10,3	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	9,2
AF-mit	W 5:0	3,7	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	3,3
AF-ohne	N 7:0	7,4	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	6,7
AF-mit	S 7:0	9,3	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	8,4
AF-mit	W 7:0	13,0	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	11,7
AF-mit	W 8:0	13,0	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	11,7
AF-ohne	N 2:0	1,9	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	1,7
AF-ohne	S 2:0	24,5	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	22,1
AF-ohne	W 2:0	1,9	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	1,7
AF-ohne	N 6:0	20,5	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	18,4
AF-ohne	O 6:0	20,5	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	18,4
AF-ohne	W 6:0	3,7	0,90	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	3,3
AT1	O 2:0	5,5	1,60	1,00 F <sub>AW</sub>	09 02 51	8,8
AT1	S 2:0	4,5	1,60	1,00 F <sub>AW</sub>	09 02 51	7,3
AT1	N 3:0	2,2	1,60	1,00 F <sub>AW</sub>	09 02 51	3,5
AT2	W 2:0	4,5	1,60	1,00 F <sub>AW</sub>	09 02 51	7,2
AT2	W 6:0	16,0	1,60	1,00 F <sub>AW</sub>	09 02 51	25,6
Da1	- 2:0	6,3	0,16	1,00 F <sub>D</sub>	02 51	1,0
AW1	N 1:0	26,4	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	3,7
AW1	O 1:0	180,7	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	25,1
AW1	S 1:0	19,0	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	2,6
AW1	W 1:0	54,9	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	7,6
AW1	N 2:0	59,3	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	8,2
AW1	O 2:0	64,5	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	9,0
AW1	S 2:0	115,0	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	16,0
AW1	W 2:0	9,8	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	1,4
AW1	N 3:0	23,5	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	3,3
AW1	O 3:0	171,1	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	23,8
AW1	S 3:0	63,8	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	8,9
AW1	W 3:0	153,1	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	21,3
AW1	O 4:0	40,5	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	5,6
AW1	S 4:0	24,6	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	3,4
AW1	N 5:0	16,9	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	2,3
AW1	S 5:0	54,8	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	7,6
AW1	W 5:0	27,1	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	3,8
AW1	N 6:0	97,1	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	13,5
AW1	O 6:0	149,5	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	20,8
AW1	W 6:0	44,9	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	6,2
AW1	N 7:0	33,2	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	4,6
AW1	S 7:0	34,7	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	4,8
AW1	W 7:0	60,9	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	8,5
AW1	S 8:0	22,7	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	3,2
AW1	W 8:0	50,1	0,14	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	7,0
AW2	W 1:0	19,3	0,17	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	3,2
AW2	N 2:0	7,2	0,17	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	1,2
AW2	W 2:0	3,1	0,17	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	0,5
AW2	W 5:0	15,3	0,17	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	2,6
AW2	W 6:0	144,3	0,17	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	24,3
AW3	N 3:0	136,1	0,32	1,00 F <sub>AW</sub>	02 51	42,9

AWE	-	2:0	213,3	0,31	0,60	F <sub>wb</sub>	51	19	25	13	39,2
AWE	-	3:0	188,2	0,31	0,60	F <sub>wb</sub>	51	19	25	13	34,6
Da1	-	1:0	139,1	0,16	1,00	F <sub>D</sub>	02	51			22,1
Da1	-	2:0	230,8	0,16	1,00	F <sub>D</sub>	02	51			36,7
Da1	-	3:0	20,1	0,16	1,00	F <sub>D</sub>	02	51			3,2
Da1	-	4:0	21,3	0,16	1,00	F <sub>D</sub>	02	51			3,4
Da1	-	5:0	36,8	0,16	1,00	F <sub>D</sub>	02	51			5,9
Da1	-	7:0	126,1	0,16	1,00	F <sub>D</sub>	02	51			20,1
Da1	-	9:0	91,1	0,16	1,00	F <sub>D</sub>	02	51			14,5
Da2	-	2:0	62,3	0,27	1,00	F <sub>D</sub>	02	51			17,1
Da2	-	3:0	972,8	0,27	1,00	F <sub>D</sub>	02	51			267,5
Du1	-	6:0	38,5	0,21	1,00	F <sub>e</sub>	51	82			8,1
IW1	-	3:0	49,8	0,41	1,00	F <sub>AW</sub>	51				20,4
PRK	N	2:0	10,6	0,90	1,00	F <sub>F</sub>	75	55	02		9,5
PRK	O	2:0	41,7	0,90	1,00	F <sub>F</sub>	75	55	02		37,5
So1 EG	-	1:0	33,9	0,51		L <sub>S</sub>	18	51	31		4,2
So1 EG	-	2:0	84,8	0,51		L <sub>S</sub>	18	51	31		10,5
So1 EG	-	3:0	23,6	0,51		L <sub>S</sub>	18	51	31		2,9
So1 EG	-	4:0	66,3	0,51		L <sub>S</sub>	18	51	31		8,2
So1 EG	-	5:0	84,1	0,51		L <sub>S</sub>	18	51	31		10,4
So1 EG	-	6:0	731,6	0,51		L <sub>S</sub>	18	51	31		90,9
So1 EG	-	9:0	50,0	0,51		L <sub>S</sub>	18	51	31		6,2
So1 UG	-	2:0	180,7	0,25		L <sub>S</sub>	18	51	33		41,7
So1 UG	-	3:0	385,0	0,25		L <sub>S</sub>	18	51	33		88,8
So2	-	2:0	21,6	0,43	0,40	F <sub>fb</sub>	51	19	25	12	3,8
Tor	W	6:0	22,6	1,60	1,00	F <sub>AW</sub>	09	02	51		36,1

 $\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 6.107,5$ 
 $\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 1.390,3$ 

 1. Bodenplattenmaß B' (25) =  $A_G / (0.5 P) = 587,31 / 54,02 = 10,87 \text{ m}$ 

 2. Bodenplattenmaß B' (26) =  $1119,31 / (0.5 * 122,63) = 18,26 \text{ m}$ 

#### Anmerkungen zur Hüllflächen-Tabelle

 01 Temperatur-Korrekturfaktoren (F<sub>X</sub>-Faktoren) nach DIN V 18599-2, Tab.5

02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).

09 Außentür

82 Geschossdecke gegen Außenluft

12 Bodenplatte des beheizten Kellers.

13 Wand des beheizten Kellers.

 18 Die Fläche der Bodenplatte wird für den U<sub>max</sub>-Nachweis reduziert (EnEV '14 / '09 A2, Abs.2.3, 5m-Streifen)

 19 Temperatur-Korrekturfaktoren F<sub>x</sub> für untere Gebäudeabschlüsse nach DIN V 18599:2018-2, Tab.6

 25 F<sub>x</sub>-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß B' nach EN ISO 13370.

 31 Der thermische Leitwert L<sub>S</sub> für die Bodenplatte auf Erdreich wurde nach EN ISO 13370 gesondert berechnet (sh.

Bauteilberechnung).

 33 Der thermische Leitwert L<sub>S</sub> des beheizten Kellers wurde nach EN ISO 13370 gesondert berechnet (sh.

Bauteilberechnung).

 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,05 W/(m<sup>2</sup>K) pauschal berücksichtigt.

55 Die verglaste Vorhangfassade wird bei der Berechnung des Wärmebrückeneinflusses ausgenommen.

75 Vorhangfassade

#### 2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

 $H_{T,WB} = 302,8 \text{ W/K}$  (21,8 %, 0,050 W/(m<sup>2</sup>K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

#### 2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

Transferkoeffizienten	H <sub>T,D</sub>	H <sub>T,s</sub>	H <sub>T,iu</sub>	$\Sigma H_T$	H <sub>T,iz</sub>	H <sub>T,zi</sub>
Transmission	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K
1 Büro	169	4	0	173	0	0
2 Verkehrsflächen	242	95	0	337	0	0
3 Technik	504	126	0	630	0	0

4 Sanitär	20	8	0	28	0	0
5 Aufenthalt	51	10	0	61	0	0
6 Logistik	239	91	0	330	0	0
7 Labor	79	0	0	79	0	0
8 Herstellungslabore	26	0	0	26	0	0
9 Lager	22	6	0	28	0	0
10 Besprechung	0	0	0	0	0	0

1352                  341                  1693

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

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

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

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

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient

$$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_x \cdot H_{T,iu} + F_x \cdot H_{T,s}) / A = 1.693,1 / 6.107,5 = \mathbf{0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

### 2.3 Begrenzung der U-Werte (Nachweis)

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

	opake Bauteile [W/(m <sup>2</sup> K)]	Fenster [W/(m <sup>2</sup> K)]	Vorhangf. [W/(m <sup>2</sup> K)]	Oberl. [W/(m <sup>2</sup> K)]
$U_{max}$ $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,28	1,50	1,50	2,50
$U_{max}$ $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,50	2,80	3,00	3,10
Zonen $T_i \geq 19^\circ\text{C}$	0,15	0,90	0,90	1,60
Zonen $T_i < 19^\circ\text{C}$	0,22			1,60

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

- 70 "So1 EG",  $A_{Rand} = 33,9 - 9,0 \text{ m}^2$ ,  $U_{Rand} = 0,250 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- 71 "So1 EG",  $A_{Rand} = 84,8 - 32,0 \text{ m}^2$ ,  $U_{Rand} = 0,250 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- 72 "So1 EG",  $A_{Rand} = 23,6 - 64,0 \text{ m}^2$ ,  $U_{Rand} = 0,250 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- 73 "So1 EG",  $A_{Rand} = 66,3 - 20,0 \text{ m}^2$ ,  $U_{Rand} = 0,250 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- 74 "So1 EG",  $A_{Rand} = 84,1 - 24,0 \text{ m}^2$ ,  $U_{Rand} = 0,250 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- 75 "So1 EG",  $A_{Rand} = 731,6 - 144,0 \text{ m}^2$ ,  $U_{Rand} = 0,250 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- 76 "So1 EG",  $A_{Rand} = 50,0 - 0,0 \text{ m}^2$ ,  $U_{Rand} = 0,250 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- 77 "So1 UG",  $A_{Rand} = 180,7 - 460,6 \text{ m}^2$ ,  $U_{Rand} = 0,250 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- 78 "So1 UG",  $A_{Rand} = 385,0 - 2,7 \text{ m}^2$ ,  $U_{Rand} = 0,250 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

kleinste Grenzwertunterschreitung:  $U = 1,60 \text{ W/(m}^2\text{K)} = 2,50 \text{ W/(m}^2\text{K)} -36,0\%$

### 2.4 Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

Bauteil	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	U/U <sub>EnEV</sub>	Fläche A m <sup>2</sup>	H <sub>T</sub> W/K
AF_BEG EG40	0,90		211 3 %	190 14 %
AF_BEG EG40	0,90		7 0 %	7 0 %
AT1 (transparent)	1,60		12 0 %	19 1 %
AT2 (opak)	1,60		21 0 %	33 2 %
AW1 (Außenwand gegen Auße	0,14		1598 26 %	222 16 %
AW2_BEG EG40 (VHF)	0,17	70 %	189 3 %	32 2 %
AW3	0,32		136 2 %	43 3 %
AWE_BEG EG40	0,31		401 7 %	74 5 %
Da1_BEG EG40 (StB.-Dach)	0,16		671 11 %	107 8 %
Da2_BEG EG40 (Trapezblechd	0,27		1035 17 %	285 20 %
Du1 (Traforaum)	0,21		39 1 %	8 1 %
IW1 (Traforaum)	0,41		50 1 %	20 1 %
PRK_BEG EG40	0,90		52 1 %	47 3 %
So1-BEG40-UG	0,25		566 9 %	130 9 %
So2_BEG EG40 (Aufzugsunter	0,43		22 0 %	4 0 %
SoK1-BEG40-EG	0,51		1074 18 %	133 10 %
Tor	1,60		23 0 %	36 3 %
			6108 100 %	1.390 100 %

Interne Berechnung mit reellen Zahlen, Zwischenergebnisse sind auf ganze Zahlen gerundet.

### 3.0 Lüftungswärmetransfer (DIN V 18599-2)

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie II, ohne Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7),  $n_{50} = 4,00 \text{ h}^{-1}$   
 Nettoraumvolumen  $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 6*6108 / 15796 = 2,32 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade  
 $e_{wind} = 0.07 \quad f_{wind} = 15 \text{ (EN ISO 13790 Tab.G4)}$

Gebäude mit Außenluftdurchlässen,  $f_{ATD} = (n_{50} + 1.5) / n_{50} = 1,38 \text{ (Gl.67)}$

Ohne bedarfsabhängige Außenluft-Volumenstromregelung

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	Luftwechsel		Fenster		Lüftungsanlage		
		$n_{50}$ h <sup>-1</sup>	$V_A$ m <sup>3</sup> / (m <sup>2</sup> h)	$n_{nutz}$ h <sup>-1</sup>	$n_{inf}$ h <sup>-1</sup>	$n_{win}$ h <sup>-1</sup>	$n_{m,ZUL}$ h <sup>-1</sup>	$t_{V,m}$ h/d
1 Büro	-	3,04	4,00	1,43	0,21	0,61	-	-
2 Verkehrsflächen	-	2,55	0,15	0,04	0,18	0,10	0,04	13
3 Technik	-	2,68	0,15	0,04	0,19	0,10	0,04	13
4 Sanitär	-	2,80	15,00	4,57	0,20	0,10	4,57	13
5 Aufenthalt	-	3,32	7,00	2,07	0,23	0,10	2,07	13
6 Logistik	-	1,68	0,15	0,04	0,12	0,10	0,04	13
7 Labor	-	2,60	25,00	9,26	0,18	0,10	9,26	24
8 Herstellungslabo	-	2,52	25,00	9,26	0,18	0,10	9,25	24
9 Lager	-	1,25	0,15	0,05	0,09	0,10	0,05	13
10 Besprechung	-	4,00	15,00	5,56	0,28	0,10	5,57	13

⇒ WE-Betrieb ...

1 Büro		0,00	0,00	0,21	0,10
2 Verkehrsflächen		0,00	0,00	0,28	0,10
3 Technik		0,00	0,00	0,19	0,10
4 Sanitär		0,00	0,00	0,20	0,10
5 Aufenthalt		0,00	0,00	0,23	0,10
6 Logistik		0,00	0,00	0,22	0,10
7 Labor		25,00	9,26	0,18	4,21
8 Herstellungslabore		25,00	9,26	0,18	4,22
9 Lager		0,15	0,05	0,09	0,10
10 Besprechung		0,00	0,00	0,28	0,10

- Zone <2> RLT-Anlage (224) mit  $V_{SUP}/ETA = 113 / 113 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG68+ ()
- Zone <3> RLT-Anlage (224) mit  $V_{SUP}/ETA = 196 / 196 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG68+ ()
- Zone <4> RLT-Anlage (224) mit  $V_{SUP}/ETA = 1497 / 1497 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG68+ ()
- Zone <5> RLT-Anlage (224) mit  $V_{SUP}/ETA = 943 / 943 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG68+ ()
- Zone <6> RLT-Anlage (224) mit  $V_{SUP}/ETA = 173 / 173 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG68+ ()
- Zone <7> RLT-Anlage (224) mit  $V_{SUP}/ETA = 6075 / 6075 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG68+ ()
- Zone <8> RLT-Anlage (224) mit  $V_{SUP}/ETA = 1888 / 1888 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG68+ ()
- Zone <9> RLT-Anlage (224) mit  $V_{SUP}/ETA = 34 / 34 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG68+ ()
- Zone <10> RLT-Anlage (224) mit  $V_{SUP}/ETA = 864 / 864 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG68+ ()

$n_{50}$  = Luftwechselzahl bei 50 Pa Druckdifferenz,  $V_A$  = Mindest-Außenluftvolumenstrom  
 $n_{nutz}$  = Mindestaußenluftwechsel =  $V_A * ANGF / V$  während der Nutzungsstunden (Nichtwohngebäude)  
 $n_{inf}$  = Infiltrationsluftwechsel =  $n_{50} * e_{wind} * f_{ATD}$  mit  $f_{ATD}$  = Bewertungsfaktor für ALD oder mit RLT  
 $n_{inf} = n_{50} * e_{wind} * f_{ATD} * (1 + (1 - f_e) * t_{V,m} / 24)$  mit  $f_e$  = Faktor für nicht balancierte RLT-Anlagen (Gl.65)  
 $n_{win}$  = Fenster- / Türluftwechsel =  $n_{win,min} + \Delta n_{win} * t_{nutz} / 24$ , mit RLT =  $n_{win,min} + \Delta n_{win,m} * t_{V,m} / 24$   
 mit  $n_{win,min} = 0.1$ , in Wohngebäuden  $n_{win,min} = \text{seasonal nach Gl.77}$

Reduzierter Außenluft-Volumenstroms für schadstoffarme Gebäude ohne RLT, Zonen 1 /  
 $\Delta n_{win} = n_{nutz} - (n_{nutz} - 0.2) * n_{inf} - 0.1$  (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 <sup>3</sup>	$H_{V,z,Jan}$ W/K	$H_{V,inf}$ W/K	$H_{V,win}$ W/K	$\Sigma H_V$ W/K	$H_{V,m}ech$ W/K	$\theta_{V,Jan}$ °C
1 Büro	1.102	0	80	229	309	0	
2 Verkehrsflächen	2.709	0	165	92	257	21	20,0

3 Technik	4.907	0	313	167	479	36	20,0
4 Sanitär	328	0	22	11	33	276	20,0
5 Aufenthalt	456	0	36	16	52	174	20,0
6 Logistik	4.601	0	184	156	341	32	20,0
7 Labor	656	0	41	22	63	2066	20,0
8 Herstellungslabore	204	0	12	7	19	641	20,0
9 Lager	677	0	20	23	43	6	20,0
10 Besprechung	155	0	15	5	20	159	20,0
		0	887	729	1616	3412	
⇒ WE-Betrieb ...							
1 Büro		0	80	37	117		
2 Verkehrsflächen		0	262	92	354		
3 Technik		0	313	167	479		
4 Sanitär		0	22	11	33		
5 Aufenthalt		0	36	16	52		
6 Logistik		0	348	156	504		
7 Labor		0	41	940	981		
8 Herstellungslabore		0	12	292	305		
9 Lager		0	20	23	43		
10 Besprechung		0	15	5	20		
		0	1148	1740	2888		

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

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

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

$\Sigma HV = HV_{z,Jan} + HV_{inf} + HV_{win}$ , Transferkoeffizienten ohne RLT

$\vartheta_V$  = 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  $\alpha_h$ , Überhangwinkel  $\alpha_o$  und Seitenwinkel  $\alpha_f$   
 Abminderungsfaktoren  $F_S = 0.90$  nach GEG §25, vereinfacht

Kollektorfläche	Zone	$A_g$ m <sup>2</sup>	$I_S$ , Jan/Jul W/m <sup>2</sup>	$g_{eff}$ , Jan/Jul %	$Q_S$ , Jan/Jul kWh/d
AF-ohne	1	5,19	10/ 81	44/ 44 7100	0,5/ 4,4
AF-mit	1	36,37	25/ 138	44/ 36 7105m	9,5/ 42,9
AF-mit	1	2,60	59/ 113	44/ 26 "	1,6/ 1,9
AF-mit	1	15,59	17/ 117	44/ 36 "	2,8/ 15,6
AF-ohne	5	2,60	10/ 81	44/ 44 7100	0,3/ 2,2
AF-mit	5	7,17	59/ 113	44/ 26 7105m	4,4/ 5,1
AF-mit	5	2,60	17/ 117	44/ 36 "	0,5/ 2,6
AF-ohne	7	5,19	10/ 81	44/ 44 7100	0,5/ 4,4
AF-mit	7	6,50	59/ 113	44/ 26 7105m	4,0/ 4,6
AF-mit	7	9,09	17/ 117	44/ 36 "	1,6/ 9,1
AF-mit	8	9,09	17/ 117	44/ 36 "	1,6/ 9,1
AF-ohne	2	1,30	10/ 81	44/ 44 7100	0,1/ 1,1
AF-ohne	2	17,15	59/ 113	44/ 44 "	10,6/ 20,3
AF-ohne	2	1,30	17/ 117	44/ 44 "	0,2/ 1,6
AF-ohne	6	14,35	10/ 81	44/ 44 "	1,5/ 12,2
AF-ohne	6	14,35	25/ 138	44/ 44 "	3,8/ 20,8
AF-ohne	6	2,60	17/ 117	44/ 44 "	0,5/ 3,2
PRK	2	7,42	10/ 81	44/ 44 "	0,8/ 6,3
PRK	2	29,16	25/ 138	44/ 44 "	7,6/ 42,2
		189,60			52/ 210

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

$Q_S = \text{Strahlungsgewinn pro Tag} = A \cdot F_F \cdot g_{eff} \cdot I_S \cdot t$  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

7105: aus dem Bauteilbezug, vertikale Markise, weiß

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

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

$g_{eff} = F_S \cdot F_W \cdot F_V \cdot g_{tot} =$  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

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

##### 4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

Hüllfläche	Zone	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	$\alpha$	$h_T$ W/(m <sup>2</sup> K)	$I_S$ , Jul W/m <sup>2</sup>	$Q_S$ , Jul kWh/d
AT1	O 2	5,5	1,60	0,60	4,50	138	0,5
AT1	S 2	4,5	1,60	0,60	4,50	113	0,3
AT1	N 3	2,2	1,60	0,60	4,50	81	0,1
AT2	W 2	4,5	1,60	0,60	4,50	117	0,3
AT2	W 6	16,0	1,60	0,60	4,50	117	1,2
Da1	- 2	6,3	0,16	0,60	4,50	210	0,1
AW1	N 1	26,4	0,14	0,60	4,50	81	0,1
AW1	O 1	180,7	0,14	0,60	4,50	138	1,5
AW1	S 1	19,0	0,14	0,60	4,50	113	0,1
AW1	W 1	54,9	0,14	0,60	4,50	117	0,3
AW1	N 2	59,3	0,14	0,60	4,50	81	0,2
AW1	O 2	64,5	0,14	0,60	4,50	138	0,5
AW1	S 2	115,0	0,14	0,60	4,50	113	0,7
AW1	W 2	9,8	0,14	0,60	4,50	117	0,1
AW1	N 3	23,5	0,14	0,60	4,50	81	0,1

AW1	O	3	171,1	0,14	0,60	4,50	138	1,4
AW1	S	3	63,8	0,14	0,60	4,50	113	0,4
AW1	W	3	153,1	0,14	0,60	4,50	117	1,0
AW1	O	4	40,5	0,14	0,60	4,50	138	0,3
AW1	S	4	24,6	0,14	0,60	4,50	113	0,1
AW1	N	5	16,9	0,14	0,60	4,50	81	0,1
AW1	S	5	54,8	0,14	0,60	4,50	113	0,3
AW1	W	5	27,1	0,14	0,60	4,50	117	0,2
AW1	N	6	97,1	0,14	0,60	4,50	81	0,3
AW1	O	6	149,5	0,14	0,60	4,50	138	1,2
AW1	W	6	44,9	0,14	0,60	4,50	117	0,3
AW1	N	7	33,2	0,14	0,60	4,50	81	0,1
AW1	S	7	34,7	0,14	0,60	4,50	113	0,2
AW1	W	7	60,9	0,14	0,60	4,50	117	0,4
AW1	S	8	22,7	0,14	0,60	4,50	113	0,1
AW1	W	8	50,1	0,14	0,60	4,50	117	0,3
AW2	W	1	19,3	0,17	0,60	4,50	117	0,1
AW2	N	2	7,2	0,17	0,60	4,50	81	0,0
AW2	W	2	3,1	0,17	0,60	4,50	117	0,0
AW2	W	5	15,3	0,17	0,60	4,50	117	0,1
AW2	W	6	144,3	0,17	0,60	4,50	117	1,1
AW3	N	3	136,1	0,32	0,60	4,50	81	1,1
Da1	-	1	139,1	0,16	0,60	4,50	210	1,7
Da1	-	2	230,8	0,16	0,60	4,50	210	2,9
Da1	-	3	20,1	0,16	0,60	4,50	210	0,2
Da1	-	4	21,3	0,16	0,60	4,50	210	0,3
Da1	-	5	36,8	0,16	0,60	4,50	210	0,5
Da1	-	7	126,1	0,16	0,60	4,50	210	1,6
Da1	-	9	91,1	0,16	0,60	4,50	210	1,1
Da2	-	2	62,3	0,27	0,60	4,50	210	1,3
Da2	-	3	972,8	0,27	0,60	4,50	210	20,8
Tor	W	6	22,6	1,60	0,60	4,50	117	1,7
3.685,4								47,3

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

$\alpha$  = Strahlungs-Absorptionsgrad (Tab.9), abhängig von der Bauteiloberfläche

$I_S$  = globale Sonneneinstrahlung, jahreszeit-, neigungs- und orientierungsabhängig [W/m<sup>2</sup>]

$F_f$  = 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/(m<sup>2</sup>K)

$\Delta\vartheta_{er}$  = 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 Büro	1.506	1.021	376	234	449	483	1.244	15.520
2 Verkehrsfläc	1.572	1.204	438	300	602	541	1.306	17.054
3 Technik	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Sanitär	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Aufenthalt	376	308	114	83	161	131	306	3.223
6 Logistik	625	413	165	98	178	217	513	7.444
7 Labor	545	405	155	106	192	181	437	5.025
8 Herstellungs	226	139	54	33	50	64	178	2.230
9 Lager	-	-	-	-	-	-	-	-
10 Besprechung	-	-	-	-	-	-	-	-
über opake ...								
1 Büro	51	14	0	-	1	0	30	681
2 Verkehrsfläc	105	37	1	-	9	4	60	1.290
3 Technik	293	32	0	-	3	1	137	4.213
4 Sanitär	13	6	0	-	1	1	8	144
5 Aufenthalt	21	11	0	-	3	1	13	232
6 Logistik	83	22	-	-	-	-	48	1.040
7 Labor	31	8	0	-	2	1	16	407
8 Herstellungs	10	5	0	-	1	0	6	98
9 Lager	13	1	-	-	-	-	6	189
10 Besprechung	-	-	-	-	-	-	-	-
5.470    3.627    1.304    854    1.652    1.626    4.308								58.790

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

Zone	A <sub>B</sub> m <sup>2</sup>	q <sub>I,p</sub> kWh/d	q <sub>I, fac</sub> kWh/d	Q <sub>I,g</sub> kWh/d	Q <sub>I</sub> kWh/d
1 Büro	394	11,8	16,9	0,0	28,8
2 Verkehrsflächen	754	-	-	0,0	0,0
3 Technik	1307	-	-	0,0	0,0
4 Sanitär	100	-	-	0,0	0,0
5 Aufenthalt	135	12,5	1,1	0,0	13,6
6 Logistik	1150	-	-	0,0	0,0
7 Labor	243	9,5	26,2	0,0	35,7
8 Herstellungslabore	76	2,9	8,2	0,0	11,1
9 Lager	225	-	-	0,0	0,0
10 Besprechung	58	5,4	0,5	0,0	5,8
⇒ WE-Betrieb ...					
1 Büro		-	-	0,0	0,0
2 Verkehrsflächen		-	-	0,0	0,0
3 Technik		-	-	0,0	0,0
4 Sanitär		-	-	0,0	0,0
5 Aufenthalt		-	-	0,0	0,0
6 Logistik		-	-	0,0	0,0
7 Labor		-	-	0,0	0,0
8 Herstellungslabore		-	-	0,0	0,0
9 Lager		-	-	0,0	0,0
10 Besprechung		-	-	0,0	0,0

**ungeregelte Wärmeeinträge im Januar**

Zone	Leuchtenabluft m <sup>3</sup> /hW	Q <sub>I,L</sub> kWh/d	Q <sub>I,h</sub> kWh/d	Q <sub>I,w</sub> kWh/d	Q <sub>I,rv</sub> kWh/d
1 Büro	0,0	10,1	14,7	0,0	0,0
2 Verkehrsflächen	0,0	2,5	28,1	0,0	0,0
3 Technik	0,0	3,2	48,8	0,0	0,0
4 Sanitär	0,0	3,0	1,8	3,8	0,0
5 Aufenthalt	0,0	4,5	2,7	0,0	0,0
6 Logistik	0,0	4,3	22,4	43,8	0,0
7 Labor	0,0	11,0	6,4	9,3	0,0
8 Herstellungslabore	0,0	3,2	2,0	2,9	0,0
9 Lager	0,0	0,5	8,4	0,0	0,0
10 Besprechung	0,0	2,4	2,1	0,0	0,0

A<sub>B</sub> = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

q<sub>I,p</sub> = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Personen (Gl.125)

q<sub>I, fac</sub> = durchschnittliche, tägliche Wärmeabgabe von Geräten und Maschinen

Q<sub>I,g</sub> = Q<sub>I, goods</sub> = täglicher Wärmeeintrag durch Stofftransporte

Q<sub>I</sub> = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

Q<sub>I,L</sub> = Wärmeeinträge durch künstliche Beleuchtung, berücksichtigt vorhandene Abluftsysteme

Q<sub>I,h</sub> = unregelmäßige Wärmeeinträge der Heizungsanlage, siehe Heizsysteme

Q<sub>I,w</sub> = unregelmäßige Wärmeeinträge der Warmwasserversorgung, siehe Warmwassersysteme

Q<sub>I,rv</sub> = 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	$\Sigma H_T$ W/K	$\Sigma H_V$ W/K	$\Sigma H_{V, mech}$ W/K	$Q_{sink}$ kWh/d	$Q_{source}$ kWh/d	$\gamma$
1 Büro	173	309	0	237	72	0,303
2 Verkehrsflächen	337	257	21	304	54	0,177
3 Technik	630	479	36	460	61	0,132
4 Sanitär	28	33	276	32	9	0,281
5 Aufenthalt	61	52	174	57	26	0,463
6 Logistik	330	341	32	356	78	0,220
7 Labor	79	63	2066	65	63	0,979
8 Herstellungslabore	26	19	641	21	19	0,931
9 Lager	28	43	6	32	9	0,275
10 Besprechung	0	20	159	12	11	0,934

Zone	$C_{wirk}$ Wh/(m <sup>2</sup> K)	H W/K	$\tau$ h	a	$\eta$	$\eta_{WE}$
1 Büro	50	483	40,83	3,55	0,990	1,000
2 Verkehrsflächen	50	615	61,34	4,83	1,000	1,000
3 Technik	50	1146	57,02	4,56	1,000	1,000
4 Sanitär	50	337	14,81	1,93	0,936	1,000
5 Aufenthalt	50	287	23,51	2,47	0,914	1,000
6 Logistik	50	703	81,81	6,11	1,000	1,000
7 Labor	50	2208	5,50	1,34	0,580	0,994
8 Herstellungslabore	50	687	5,50	1,34	0,594	0,995
9 Lager	50	77	146,08	10,13	1,000	1,000
10 Besprechung	50	180	16,03	2,00	0,689	1,000

 $\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$  = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten,  $H_{T,iz}$  siehe  $Q_{sink}$ 
 $\Sigma H_V$  = 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/(m<sup>2</sup>K) bei schweren Bauweisen mit normalen Raumhöhen und ohne Innenverkleidungen, bezogen auf einen m<sup>2</sup> Grundfläche

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

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

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

 $\eta_{WE}$  = 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	20,0	20,0	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,4	20,1	20,0
$T_{i,2}$ °C	20,1	20,1	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,2	20,1
$T_{i,3}$ °C	16,2	16,3	16,4	16,6	16,9	17,0	17,1	17,1	16,9	16,6	16,4	16,2
$T_{i,4}$ °C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i,5}$ °C	19,9	20,0	20,1	20,4	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i,6}$ °C	20,1	20,2	20,3	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,3	20,1
$T_{i,7}$ °C	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
$T_{i,8}$ °C	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
$T_{i,9}$ °C	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
$T_{i,10}$ °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
⇒ WE-Betrieb ...												
$T_{i,1}$ °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
$T_{i,2}$ °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	14,1	14,3	14,8	15,6	16,5	16,9	17,4	17,3	16,5	15,6	14,7	14,1
$T_{i,4}$ °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
$T_{i,5}$ °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
$T_{i,6}$ °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
$T_{i,7}$ °C	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
$T_{i,8}$ °C	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
$T_{i,9}$ °C	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
$T_{i,10}$ °C	17,9	18,1	18,5	19,2	19,9	20,3	20,7	20,6	20,0	19,2	18,4	17,9

**7.1 Zone 1 Büro**

Ausnutzungsgrade für Wärmequellen  $\eta_{source}$  siehe Abs.6.0

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

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

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 20,0$  °C und  $Q_I = 28,8$  kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$	0,761	0,951	0,988	0,993	0,990	0,988	0,962	0,762
$\eta_{source,WE}$	0,693	0,986	1,000	1,000	1,000	1,000	0,991	0,726
$\Delta Q_{C,b,WE}$ kWh	327	611	338	349	349	315	349	3.772
$t_h$ h	720	744	720	744	744	672	744	8.291
$Q_{h,b,RE}$ kWh	370	1.671	2.839	3.683	3.528	2.972	2.260	18.697
$Q_{h,b,WE}$ kWh	-	-	424	646	574	453	147	2.244
$Q_T$ kWh	760	1.349	1.918	2.357	2.346	2.023	1.912	15.817
$Q_V$ kWh	1.116	1.980	2.815	3.460	3.443	2.970	2.806	23.217
$Q_S^*$ kWh	1.152	995	372	233	447	480	1.237	10.198
$Q_I^*$ kWh	659	952	1.128	1.298	1.269	1.106	1.074	9.671

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

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

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  $\eta$

### 7.2 Zone 2 Verkehrsflächen

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,982	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,897
$\eta_{source,WE}$		0,951	0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,852
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	806	668	647	668	668	604	668	7.239
$t_h$	h	493	744	720	744	744	672	744	6.508
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.358	2.793	4.545	5.580	5.338	4.625	3.921	31.462
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	420	1.257	1.713	1.604	1.355	948	7.403
$Q_T$	kWh	1.480	2.626	3.734	4.589	4.566	3.939	3.721	30.792
$Q_V$	kWh	1.256	2.221	3.153	3.873	3.854	3.325	3.143	26.045
$Q_S^*$	kWh	1.630	1.239	438	300	611	544	1.364	15.000
$Q_I^*$	kWh	198	396	701	947	925	774	634	5.247

### 7.3 Zone 3 Technik

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 16,2$  °C und  $Q_I = 0,0$  kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 14,1$  °C und  $Q_I = 0,0$  kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,767
$\eta_{source,WE}$		0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,767
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	275	787	1.120	1.158	1.158	1.046	1.158	7.798
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	6.596
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.131	4.174	6.945	8.670	8.595	7.353	6.710	48.401
$Q_{h,b,WE}$	kWh	158	716	1.422	2.075	2.040	1.675	1.261	9.944
$Q_T$	kWh	1.116	3.202	5.330	6.874	6.831	5.823	5.252	39.013
$Q_V$	kWh	793	2.374	3.990	5.160	5.127	4.368	3.929	28.950
$Q_S^*$	kWh	292	32	0	-	3	1	137	2.121
$Q_I^*$	kWh	328	666	1.193	1.618	1.580	1.321	1.078	8.662

### 7.4 Zone 4 Sanitär

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,863	0,915	0,931	0,937	0,936	0,934	0,922	0,868
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	50	88	86	88	88	80	88	774
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	8.361
$Q_{h,b,RE}$	kWh	184	318	414	489	485	423	410	3.509
$Q_{h,b,WE}$	kWh	21	43	101	139	137	115	94	722
$Q_T$	kWh	124	220	312	384	382	330	311	2.577

Q <sub>V</sub>	kWh	229	305	371	429	427	374	374	3.589
Q <sub>S</sub> *	kWh	11	6	0	-	1	1	8	126
Q <sub>I</sub> *	kWh	137	158	172	191	190	168	174	1.827

### 7.5 Zone 5 Aufenthalt

Regelbetrieb (68,5%)

 mit  $\vartheta_{h,Jan} = 19,9$  °C und  $Q_I = 13,6$  kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,664	0,792	0,903	0,928	0,914	0,912	0,851	0,716
$\eta_{source,WE}$		0,907	0,992	1,000	1,000	1,000	1,000	0,997	0,879
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	128	119	115	119	119	108	119	1.280
$t_h$	h	493	744	720	744	744	672	744	6.898
$Q_{h,b,RE}$	kWh	101	280	566	738	694	600	470	3.948
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	27	189	270	243	207	122	1.059
Q <sub>T</sub>	kWh	267	474	674	828	824	711	672	5.557
Q <sub>V</sub>	kWh	280	433	576	691	688	597	577	5.085
Q <sub>S</sub> *	kWh	294	273	107	79	154	124	286	2.501
Q <sub>I</sub> *	kWh	254	327	396	444	430	381	371	3.619

### 7.6 Zone 6 Logistik

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,984	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,969
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	587	1.019	986	1.019	1.019	920	1.019	9.453
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	6.950
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.145	3.227	4.871	6.019	5.932	5.079	4.578	34.821
$Q_{h,b,WE}$	kWh	204	641	1.482	2.023	1.981	1.650	1.314	9.816
Q <sub>T</sub>	kWh	1.457	2.584	3.674	4.516	4.493	3.876	3.662	30.301
Q <sub>V</sub>	kWh	1.718	3.036	4.310	5.294	5.268	4.545	4.296	35.607
Q <sub>S</sub> *	kWh	701	435	165	98	178	217	561	7.520
Q <sub>I</sub> *	kWh	1.125	1.320	1.509	1.730	1.715	1.502	1.506	14.875

### 7.7 Zone 7 Labor

Regelbetrieb (68,5%)

 mit  $\vartheta_{h,Jan} = 20,0$  °C und  $Q_I = 35,7$  kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,228	0,386	0,534	0,592	0,580	0,566	0,485	0,355
$\eta_{source,WE}$		0,961	0,987	0,995	0,995	0,994	0,994	0,990	0,938
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	8.746
$Q_{h,b,RE}$	kWh	50	192	446	635	609	505	378	3.022
$Q_{h,b,WE}$	kWh	1.150	2.389	3.641	4.544	4.492	3.859	3.525	27.950

Q <sub>T</sub>	kWh	324	616	903	1.121	1.115	960	898	7.227
Q <sub>V</sub>	kWh	1.445	2.750	4.030	5.003	4.977	4.282	4.008	32.243
Q <sub>S</sub> *	kWh	264	238	106	76	138	128	292	2.597
Q <sub>I</sub> *	kWh	305	549	761	898	875	763	711	6.051

### 7.8 Zone 8 Herstellungslabore

Regelbetrieb (68,5%)

 mit  $\vartheta_{h,Jan} = 20,0$  °C und  $Q_I = 11,1$  kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,219	0,390	0,542	0,602	0,594	0,573	0,479	0,359
$\eta_{source,WE}$		0,945	0,985	0,994	0,996	0,995	0,994	0,987	0,912
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	8.744
Q <sub>h,b,RE</sub>	kWh	15	62	142	204	198	162	118	938
Q <sub>h,b,WE</sub>	kWh	343	741	1.133	1.417	1.403	1.201	1.087	8.571
Q <sub>T</sub>	kWh	107	204	299	371	369	317	297	2.390
Q <sub>V</sub>	kWh	448	852	1.249	1.550	1.542	1.327	1.242	9.989
Q <sub>S</sub> *	kWh	106	83	37	24	37	46	117	1.056
Q <sub>I</sub> *	kWh	90	170	237	281	275	237	216	1.880

### 7.9 Zone 9 Lager

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,993
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,991
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	7.858
Q <sub>h,b,RE</sub>	kWh	149	298	420	507	506	438	419	3.259
Q <sub>h,b,WE</sub>	kWh	73	141	197	237	237	205	197	1.543
Q <sub>T</sub>	kWh	114	217	318	394	392	338	316	2.542
Q <sub>V</sub>	kWh	177	337	494	613	610	525	491	3.953
Q <sub>S</sub> *	kWh	13	1	-	-	-	-	6	186
Q <sub>I</sub> *	kWh	57	114	205	278	272	227	185	1.552

### 7.10 Zone 10 Besprechung

Regelbetrieb (68,5%)

 mit  $\vartheta_{h,Jan} = 19,9$  °C und  $Q_I = 5,8$  kWh/d

Wochenendbetrieb (31,5%)

 mit  $\vartheta_{h,Jan} = 17,9$  °C und  $Q_I = 0,0$  kWh/d

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,573	0,640	0,666	0,688	0,689	0,711	0,711	0,625
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	25	45	49	51	51	46	51	425
$t_h$	h	477	510	720	744	744	672	744	6.867
Q <sub>h,b,RE</sub>	kWh	34	57	71	77	77	63	64	575
Q <sub>h,b,WE</sub>	kWh	-	-	10	17	17	13	9	65

Q <sub>T</sub>	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q <sub>V</sub>	kWh	138	186	227	264	263	230	230	2.184
Q <sub>S</sub> *	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q <sub>I</sub> *	kWh	103	128	147	170	170	154	157	1.542

### 7.11 Summe Heizwärmebedarf

	Q <sub>T</sub> kWh/a	Q <sub>V</sub> kWh/a	Q <sub>S</sub> * kWh/a	Q <sub>I</sub> * kWh/a	Q <sub>h,b</sub> kWh/a	Q <sub>h,b</sub> kWh/(m <sup>2</sup> a)
1 Büro	15.817	23.217	10.198	9.671	20.941	53,1
2 Verkehrsflächen	30.792	26.045	15.000	5.248	38.865	51,5
3 Technik	39.013	28.950	2.121	8.662	58.345	44,6
4 Sanitär	2.577	3.589	126	1.827	4.231	42,4
5 Aufenthalt	5.557	5.085	2.501	3.619	5.006	37,2
6 Logistik	30.301	35.607	7.520	14.875	44.637	38,8
7 Labor	7.227	32.243	2.597	6.052	30.972	127,5
8 Herstellungslabor	2.390	9.989	1.056	1.880	9.510	125,9
9 Lager	2.542	3.953	186	1.552	4.802	21,3
10 Besprechung	-	2.184	-	1.542	639	11,1
	136.215	170.863	41.304	54.926	217.948	49,1

**9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)**
**9.1 Gewählte RLT-Anlagen**

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

Zone	Feuchteanf.	No	Anlage	Komponenten	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ $^\circ\text{C}$
2 Verkehrsflächen	mT	224	RLT-Anlage	VE LH LK LBd rec68+	20,0
3 Technik	mT	224	RLT-Anlage	VE LH LK LBd rec68+	20,0
4 Sanitär	mT	224	RLT-Anlage	VE LH LK LBd rec68+	20,0
5 Aufenthalt	mT	224	RLT-Anlage	VE LH LK LBd rec68+	20,0
6 Logistik	mT	224	RLT-Anlage	VE LH LK LBd rec68+	20,0
7 Labor	mT	224	RLT-Anlage	VE LH LK LBd rec68+	20,0
8 Herstellungslabore	mT	224	RLT-Anlage	VE LH LK LBd rec68+	20,0
9 Lager	mT	224	RLT-Anlage	VE LH LK LBd rec68+	20,0
10 Besprechung	mT	224	RLT-Anlage	VE LH LK LBd rec68+	20,0

 Zone <2> RLT-Anlage (224) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 113 / 113 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec68+ ()

 Zone <3> RLT-Anlage (224) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 196 / 196 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec68+ ()

 Zone <4> RLT-Anlage (224) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 1497 / 1497 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec68+ ()

 Zone <5> RLT-Anlage (224) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 943 / 943 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec68+ ()

 Zone <6> RLT-Anlage (224) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 173 / 173 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec68+ ()

 Zone <7> RLT-Anlage (224) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 6075 / 6075 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec68+ ()

 Zone <8> RLT-Anlage (224) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 1888 / 1888 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec68+ ()

 Zone <9> RLT-Anlage (224) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 34 / 34 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec68+ ()

 Zone <10> RLT-Anlage (224) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 864 / 864 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec68+ ()

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

 $\theta_{\text{SUP}}$  mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab. 5/6

**9.2 Strombedarf der Ventilatoren**

	$V_{\text{mech, m}}$ $\text{m}^3/\text{h}$	$t_v \cdot d_v$ $\text{h/m}$	PV, SUP $\text{kW}$	PV, ETA $\text{kW}$	WV, Jan $\text{kWh}$
2 Verkehrsflächen	113	276	0,05	0,03	22
3 Technik	196	276	0,08	0,05	38
4 Sanitär	1497	276	0,62	0,42	287
5 Aufenthalt	943	276	0,39	0,26	181
6 Logistik	173	276	0,07	0,05	33
7 Labor	6075	510	2,53	1,69	2.150
8 Herstellungslabore	1888	510	0,79	0,52	668
9 Lager	34	276	0,01	0,01	6
10 Besprechung	864	276	0,36	0,24	166

**monatliche Werte  $W_V$  [kWh]**

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
2 Verkehrsfläch	21	22	21	22	22	19	22	253
3 Technik	36	38	36	38	38	34	38	442
4 Sanitär	278	287	278	287	287	259	287	3.380
5 Aufenthalt	175	181	175	181	181	163	181	2.129
6 Logistik	32	33	32	33	33	30	33	390
7 Labor	2.081	2.150	2.081	2.150	2.150	1.942	2.150	25.315
8 Herstellungs-l	647	668	647	668	668	603	668	7.866
9 Lager	6	6	6	6	6	6	6	75
10 Besprechung	160	166	160	166	166	150	166	1.950
	3.436	3.550	3.436	3.550	3.550	3.207	3.550	41.800

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

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

PV,SUP / PV,ETA = elektrische Leistungsaufnahme [kW] der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren  
W<sub>V</sub> = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

### 9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

Energiebedarfskennwerte für den Standort Deutschland (Potsdam)

Kennwerte für Zuluftvorwärmung im Januar

	$\theta_{HC}$ °C	$q_{H,12h}$ Wh/m <sup>3</sup>	$f_H$	$q_H$ Wh/m <sup>3</sup>	$Q_{V,H}$ kWh	$A_{K,A}$ m <sup>2</sup>
2 Verkehrsflächen	21,4	489	1,01	366	41	0,0
3 Technik	21,4	489	1,01	366	72	0,0
4 Sanitär	21,4	489	1,01	366	549	0,0
5 Aufenthalt	21,4	489	1,01	366	346	0,0
6 Logistik	21,4	489	1,01	366	63	0,0
7 Labor	21,4	489	1,06	710	4.314	0,0
8 Herstellungslabore	21,4	489	1,06	710	1.341	0,0
9 Lager	21,4	489	1,01	366	12	0,0
10 Besprechung	21,4	489	1,01	366	317	0,0

2 Verkehrsflächen: Energiebedarfskennwert "Lufterwärmung" interpoliert für rec = 68% ()

3 Technik: Energiebedarfskennwert "Lufterwärmung" interpoliert für rec = 68% ()

4 Sanitär: Energiebedarfskennwert "Lufterwärmung" interpoliert für rec = 68% ()

5 Aufenthalt: Energiebedarfskennwert "Lufterwärmung" interpoliert für rec = 68% ()

6 Logistik: Energiebedarfskennwert "Lufterwärmung" interpoliert für rec = 68% ()

7 Labor: Energiebedarfskennwert "Lufterwärmung" interpoliert für rec = 68% ()

8 Herstellungslabore: Energiebedarfskennwert "Lufterwärmung" interpoliert für rec = 68% ()

9 Lager: Energiebedarfskennwert "Lufterwärmung" interpoliert für rec = 68% ()

10 Besprechung: Energiebedarfskennwert "Lufterwärmung" interpoliert für rec = 68% ()

Kennwerte für Zuluftkühlung im Juli

	Alt	$q_{C,12h}$ Wh/m <sup>3</sup>	$f_C$	$q_C$ Wh/m <sup>3</sup>	$Q_{V,C}$ kWh	$A_{K,A}$ m <sup>2</sup>
2 Verkehrsflächen	-	499	0,98	363	41	0,0
3 Technik	-	499	0,98	363	71	0,0
4 Sanitär	-	499	0,98	363	543	0,0
5 Aufenthalt	-	499	0,98	363	342	0,0
6 Logistik	-	499	0,98	363	63	0,0
7 Labor	-	499	0,66	451	2.741	0,0
8 Herstellungslabore	-	499	0,66	451	852	0,0
9 Lager	-	499	0,98	363	12	0,0
10 Besprechung	-	499	0,98	363	314	0,0

2 Verkehrsflächen: Energiebedarfskennwert "Luftkühlung" interpoliert für rec = 68%

3 Technik: Energiebedarfskennwert "Luftkühlung" interpoliert für rec = 68%

4 Sanitär: Energiebedarfskennwert "Luftkühlung" interpoliert für rec = 68%

5 Aufenthalt: Energiebedarfskennwert "Luftkühlung" interpoliert für rec = 68%

6 Logistik: Energiebedarfskennwert "Luftkühlung" interpoliert für rec = 68%

7 Labor: Energiebedarfskennwert "Luftkühlung" interpoliert für rec = 68%

8 Herstellungslabore: Energiebedarfskennwert "Luftkühlung" interpoliert für rec = 68%

9 Lager: Energiebedarfskennwert "Luftkühlung" interpoliert für rec = 68%

10 Besprechung: Energiebedarfskennwert "Luftkühlung" interpoliert für rec = 68%

Kennwerte für Dampfbefeuchtung im Januar

	$q_{St,12h}$ Wh/m <sup>3</sup>	$f_{St}$	$q_{St}$ Wh/m <sup>3</sup>	$Q_{V,St}$ kWh
2 Verkehrsflächen	250	1	186	21
3 Technik	250	1	186	36
4 Sanitär	250	1	186	278
5 Aufenthalt	250	1	186	175
6 Logistik	250	1	186	32
7 Labor	250	1	342	2.080
8 Herstellungslabore	250	1	342	647
9 Lager	250	1	186	6
10 Besprechung	250	1	186	160

- 2 Verkehrsflächen: Energiebedarfskennwert "Luftbefeuchtung" interpoliert für rec = 68%  
 3 Technik: Energiebedarfskennwert "Luftbefeuchtung" interpoliert für rec = 68%  
 4 Sanitär: Energiebedarfskennwert "Luftbefeuchtung" interpoliert für rec = 68%  
 5 Aufenthalt: Energiebedarfskennwert "Luftbefeuchtung" interpoliert für rec = 68%  
 6 Logistik: Energiebedarfskennwert "Luftbefeuchtung" interpoliert für rec = 68%  
 7 Labor: Energiebedarfskennwert "Luftbefeuchtung" interpoliert für rec = 68%  
 8 Herstellungslabore: Energiebedarfskennwert "Luftbefeuchtung" interpoliert für rec = 68%  
 9 Lager: Energiebedarfskennwert "Luftbefeuchtung" interpoliert für rec = 68%  
 10 Besprechung: Energiebedarfskennwert "Luftbefeuchtung" interpoliert für rec = 68%

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

Alt = Klimaprozesse mit alternativer Kälteerzeugung nach DIN V 18599-3:2018 mit

$\theta_{HC}$  = korrigierte, mittlere Zulufttemperatur (berücksichtigt unterschiedliche Ventilatorabwärme)

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

$f_i$  = Korrekturfaktor für die tägliche Anlagenbetriebszeit nach Gl.37

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

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

#### 9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

##### Zone 2 Verkehrsflächen

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	8	14	26	42	41	35	28	247
$t_{h^*,op}$	h	47	90	164	266	259	216	173	1.444
$Q_{h^*,b}$	kWh	8	16	29	47	46	38	30	270
		8	16	29	47	46	38	30	270

##### Zone 3 Technik

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	13	25	46	74	72	60	48	428
$t_{h^*,op}$	h	47	90	164	266	259	216	173	1.444
$Q_{h^*,b}$	kWh	14	27	50	81	79	66	53	470
		22	43	79	128	125	104	83	740

##### Zone 4 Sanitär

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	100	191	349	562	549	458	365	3.271
$t_{h^*,op}$	h	47	90	164	266	259	216	173	1.444
$Q_{h^*,b}$	kWh	110	210	384	618	603	504	401	3.599
		132	253	463	746	728	607	484	4.338

##### Zone 5 Aufenthalt

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	63	120	220	354	346	288	230	2.061
$t_{h^*,op}$	h	47	90	164	266	259	216	173	1.444
$Q_{h^*,b}$	kWh	69	132	242	389	380	317	253	2.267
		201	385	705	1.135	1.108	925	737	6.605

##### Zone 6 Logistik

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	12	22	40	65	63	53	42	378
$t_{h^*,op}$	h	47	90	166	266	260	217	173	1.449
$Q_{h^*,b}$	kWh	13	24	44	71	70	58	46	414
		214	409	749	1.207	1.178	983	783	7.019

**Zone 7 Labor**

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q <sub>V,H</sub>	kWh	785	1.500	2.743	4.419	4.314	3.599	2.867	25.723
t <sub>h*,op</sub>	h	87	166	304	491	478	399	319	2.666
Q <sub>h*,b</sub>	kWh	864	1.650	3.018	4.861	4.745	3.959	3.154	28.295
		1.077	2.059	3.767	6.068	5.923	4.942	3.936	35.314

**Zone 8 Herstellungslabore**

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q <sub>V,H</sub>	kWh	244	466	853	1.373	1.341	1.119	891	7.994
t <sub>h*,op</sub>	h	87	166	304	491	478	399	319	2.666
Q <sub>h*,b</sub>	kWh	268	513	938	1.511	1.475	1.230	980	8.794
		1.346	2.572	4.705	7.579	7.397	6.172	4.917	44.108

**Zone 9 Lager**

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q <sub>V,H</sub>	kWh	2	4	8	13	12	10	8	74
t <sub>h*,op</sub>	h	47	90	164	266	259	216	173	1.444
Q <sub>h*,b</sub>	kWh	2	4	8	14	14	11	8	78
		1.348	2.576	4.713	7.593	7.411	6.184	4.925	44.186

**Zone 10 Besprechung**

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q <sub>V,H</sub>	kWh	58	110	201	324	317	264	210	1.888
t <sub>h*,op</sub>	h	47	90	164	266	259	216	173	1.444
Q <sub>h*,b</sub>	kWh	63	121	222	357	348	291	231	2.077
		1.411	2.697	4.934	7.950	7.759	6.474	5.156	46.263

**Nutzwärmebedarf Q<sub>V,H</sub> nach Heizbereichen [kWh]**

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr	
1 Fußbodenheizung	9	17	31	50	49	41	32	290	
2 Fußbodenheizung	21	41	75	121	118	98	78	703	
3 Fußbodenheizung	26	50	92	148	145	121	96	864	
4 freie Heizflä	88	169	309	499	487	406	323	2.895	
5 freie Heizflä	83	159	292	470	459	383	305	2.735	
6 freie Heizflä	48	91	167	269	262	219	174	1.564	
7 Warmluftheizu	1.132	2.162	3.956	6.372	6.220	5.189	4.134	37.089	
8 Warmluftheizu	4	7	13	21	21	17	14	124	
		1.411	2.697	4.934	7.950	7.759	6.474	5.156	46.263

Wärmeerzeugung siehe Abs.13 Heizsysteme

 mit Q<sub>V,H</sub> = Nutzwärmebedarf der Zuluftvorwärmung, t<sub>h\*,op</sub> = Bedarfszeit der Heizregister und Q<sub>h\*,b</sub> = Nutzwärmebedarf der Heizregister

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

 Q<sub>h\*,b</sub> nach DIN V 18599-7, Gl.1, Übergabeverluste pauschal 10% (5.4.2)

 Leitungsverluste mit A<sub>K,A</sub> und f<sub>vh,d</sub> = 16 W/m<sup>2</sup>
**9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung**
**Zone 2 Verkehrsflächen**

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
Q <sub>V,C</sub>	kWh	-	-	-	-	1	10	22	121
t <sub>c*,op</sub>	h	-	-	-	-	7	204	267	1.096
Q <sub>c*,b</sub>	kWh	-	-	-	-	1	10	22	121
		-	-	-	-	1	10	22	121

## Zone 3 Technik

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
Q <sub>V,C</sub>	kWh	-	-	-	-	2	17	38	210
t <sub>C*,op</sub>	h	-	-	-	-	7	204	267	1.096
Q <sub>C*,b</sub>	kWh	-	-	-	-	2	17	38	210
		-	-	-	-	2	27	61	331

## Zone 4 Sanitär

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
Q <sub>V,C</sub>	kWh	-	-	-	-	12	131	294	1.601
t <sub>C*,op</sub>	h	-	-	-	-	7	204	267	1.096
Q <sub>C*,b</sub>	kWh	-	-	-	-	12	131	294	1.601
		-	-	-	-	14	158	355	1.932

## Zone 5 Aufenthalt

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
Q <sub>V,C</sub>	kWh	-	-	-	-	8	82	185	1.009
t <sub>C*,op</sub>	h	-	-	-	-	7	204	267	1.096
Q <sub>C*,b</sub>	kWh	-	-	-	-	8	82	185	1.009
		-	-	-	-	22	240	540	2.941

## Zone 6 Logistik

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
Q <sub>V,C</sub>	kWh	-	-	-	-	1	15	34	185
t <sub>C*,op</sub>	h	-	-	-	-	7	204	267	1.096
Q <sub>C*,b</sub>	kWh	-	-	-	-	1	15	34	185
		-	-	-	-	23	255	574	3.126

## Zone 7 Labor

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
Q <sub>V,C</sub>	kWh	-	-	-	-	60	659	1.483	8.079
t <sub>C*,op</sub>	h	-	-	-	-	9	252	493	1.855
Q <sub>C*,b</sub>	kWh	-	-	-	-	60	659	1.483	8.079
		-	-	-	-	84	914	2.057	11.205

## Zone 8 Herstellungslabore

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
Q <sub>V,C</sub>	kWh	-	-	-	-	19	205	461	2.511
t <sub>C*,op</sub>	h	-	-	-	-	9	252	493	1.855
Q <sub>C*,b</sub>	kWh	-	-	-	-	19	205	461	2.511
		-	-	-	-	103	1.119	2.518	13.716

## Zone 9 Lager

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
Q <sub>V,C</sub>	kWh	-	-	-	-	0	3	7	36
t <sub>C*,op</sub>	h	-	-	-	-	7	204	267	1.096
Q <sub>C*,b</sub>	kWh	-	-	-	-	0	3	7	36
		-	-	-	-	103	1.122	2.524	13.752

## Zone 10 Besprechung

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

$Q_{V,C}$	kWh	-	-	-	-	7	75	170	924
$t_{c^*,op}$	h	-	-	-	-	7	204	267	1.096
$Q_{c^*,b}$	kWh	-	-	-	-	7	75	170	924
		-	-	-	-	110	1.197	2.694	14.676

Kälteerzeugung siehe Abs.11 Klimakältesysteme  
 mit  $Q_{V,C}$  = Nutzkältebedarf der Zuluftkühlung und  $Q_{c^*,b}$  = Nutzkältebedarf der Kühlregister  
 Bedarfszeiten der zentralen Kühlregister  $t_{c^*,op}$  nach DIN V 18599-7, Gl.10  
 Korrekturfaktoren für die Kühlregister-Bedarfszeiten:

- $f_{T,c,T3 \text{ Abs.7.3,<2>}} = 0,984$
- $f_{T,c,T3 \text{ Abs.7.3,<3>}} = 0,984$
- $f_{T,c,T3 \text{ Abs.7.3,<4>}} = 0,984$
- $f_{T,c,T3 \text{ Abs.7.3,<5>}} = 0,984$
- $f_{T,c,T3 \text{ Abs.7.3,<6>}} = 0,984$
- $f_{T,c,T3 \text{ Abs.7.3,<7>}} = 0,660$
- $f_{T,c,T3 \text{ Abs.7.3,<8>}} = 0,660$
- $f_{T,c,T3 \text{ Abs.7.3,<9>}} = 0,984$
- $f_{T,c,T3 \text{ Abs.7.3,<10>}} = 0,984$

$Q_{c^*,b}$  nach DIN V 18599-7, Gl.7, Leitungsverluste mit  $A_{K,A}$  und  $f_{v,c,d} = 9 \text{ W/m}^2$

### 9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

#### Zone 2 Verkehrsflächen

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,St}$	kWh	1	5	14	20	21	18	22	137
$Q_{m^*,b}$	kWh	1	5	14	20	21	18	22	137
		1	5	14	20	21	18	22	137

#### Zone 3 Technik

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,St}$	kWh	2	9	24	35	36	31	38	238
$Q_{m^*,b}$	kWh	2	9	24	35	36	31	38	238
		3	14	39	56	57	50	60	375

#### Zone 4 Sanitär

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,St}$	kWh	12	70	187	270	278	240	292	1.818
$Q_{m^*,b}$	kWh	12	70	187	270	278	240	292	1.818
		15	84	225	326	335	289	352	2.194

#### Zone 5 Aufenthalt

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,St}$	kWh	8	44	118	170	175	151	184	1.145
$Q_{m^*,b}$	kWh	8	44	118	170	175	151	184	1.145
		22	129	343	496	510	441	536	3.339

#### Zone 6 Logistik

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,St}$	kWh	1	8	22	31	32	28	34	210
$Q_{m^*,b}$	kWh	1	8	22	31	32	28	34	210
		24	137	364	527	542	468	570	3.549

## Zone 7 Labor

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q <sub>V,St</sub>	kWh	92	524	1.398	2.022	2.080	1.798	2.189	13.623
Q <sub>m*,b</sub>	kWh	92	524	1.398	2.022	2.080	1.798	2.189	13.623
		115	661	1.762	2.549	2.623	2.266	2.759	17.172

## Zone 8 Herstellungslabore

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q <sub>V,St</sub>	kWh	28	163	434	628	647	559	680	4.234
Q <sub>m*,b</sub>	kWh	28	163	434	628	647	559	680	4.234
		144	824	2.197	3.178	3.269	2.824	3.439	21.406

## Zone 9 Lager

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q <sub>V,St</sub>	kWh	0	2	4	6	6	5	7	41
Q <sub>m*,b</sub>	kWh	0	2	4	6	6	5	7	41
		144	825	2.201	3.184	3.275	2.830	3.446	21.447

## Zone 10 Besprechung

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q <sub>V,St</sub>	kWh	7	40	108	156	160	138	169	1.049
Q <sub>m*,b</sub>	kWh	7	40	108	156	160	138	169	1.049
		151	866	2.309	3.339	3.436	2.968	3.614	22.497

mit Q<sub>V,St</sub> = Nutzenergiebedarf für Dampfbefeuchtung und Q<sub>m\*,b</sub> = Nutzenergiebedarf des Dampferzeugers  
Q<sub>m\*,b</sub> nach DIN V 18599-7, Gl.13, Dampferzeugung siehe "Klimakältesysteme"

**10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)****10.1 Tageslichtbereiche**

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (26), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

Der Verbauungsindex wird nach GEG '20, §25 vereinfacht mit  $I_V = 0.9$  angenommen

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	$E_m$ lx	ATL m <sup>2</sup>	ARB m <sup>2</sup>	Tageslicht	CTL %
1 TRH Haupteingang-Treppe	Ost 2	100	43,5	54,7	gut	93
2 24-Vollautomatisches Ve	Nord 6	100	158,7	13,7	gering	44
3 26,30-Pufferzone, Anlie	Nord 6	100	111,4	6,8	keine	36
4 25-Lagerung Palettenlag	Ost 6	100	367,1	20,5	keine	45
5 06-Büro Tagesdienst Arz	Süd 1	500	24,0	3,9	gering	59
6 Auslieferung Wanenausga	West 6	100	56,5	14,6	mittel	81
7 22-Personalaufenthalt	Süd 5	300	25,4	7,5	gut	85
8 TRH Personal-Treppe	Süd 2	100	31,0	7,4	mittel	78
9 Flur	Süd 2	100	12,7	9,6	gut	89
10 OG Büroräume Ost	Ost 1	500	145,9	29,4	mittel	63
11 08-Großraumbüro AMIKLIN	Ost 1	500	79,0	13,7	gering	60
12 09,10- Abteilungsltg./	Nord 1	500	39,5	7,8	gering	53
13 55-Sozialraum	Nord 5	300	23,3	3,9	gering	61
14 56-Labor Qualitätskontr	Nord 7	500	40,9	7,8	gering	49
15 52-Unit Dose (D) Versor	Süd 7	500	49,9	9,8	mittel	68
16 57-Büro Qualitätskontro	West 1	500	20,0	3,9	mittel	63
17 61-Labor Galenik (CNC)	West 7	500	45,8	9,8	mittel	63
18 62,12-Büro Qualitätskon	West 1	500	18,7	3,9	mittel	64
19 Bereitstellungsfläche	West 5	300	18,7	3,9	mittel	76
20 Herstellung Aseptik	West 8	500	19,9	3,9	gering	61
21 50,51-(CNC) Büro Tagesd	West 1	500	45,7	3,9	gering	46
22 47-(D) Herstellung Zyt	West 8	500	46,6	5,9	gering	50
23 TRH-Treppe	Süd 2	100	19,5	2,0	gering	63
24 Flur	Süd 2	100	13,5	2,0	gering	71
25 Flur	Nord 2	100	13,7	2,0	gering	59
26 Flur	West 2	100	13,4	2,0	gering	66

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m <sup>2</sup> ]	ATL [m <sup>2</sup> ]	AKTL [m <sup>2</sup> ]
1 Büro	394	373	21
2 Verkehrsflächen	754	147	607
3 Technik	1307	-	1.307
4 Sanitär	100	-	100
5 Aufenthalt	135	67	67
6 Logistik	1150	694	457
7 Labor	243	137	106
8 Herstellungslabore	76	66	9
9 Lager	225	-	225
10 Besprechung	58	-	58

ATL = tageslichtversorgte Fläche =  $\alpha_{TL} \cdot b_{TL}$ , bei Dachoberlichtern manueller Ansatzmit  $\alpha_{TL}$  = 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 TageslichtbereichsARB = Fensterfläche (Rohbaumaße),  $E_m$  = Wertungswert 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,  $\eta_R$  = Raumwirkungsgrad nach Tab. 18 / 19 $CTL = \text{Tageslichtversorgungsfaktor} = CTL_{Vers,SNA} \cdot (1 - t_{rel,TL,SA}) + CTL_{Vers,SA} \cdot t_{rel,TL,SA}$  (Gl.31)

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

## 10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich	CTL	CTL, kon	FTL						
			Jan %	Feb %	Mrz %	Apr %	Mai %	Jun %	
1 TRH Haupteingang-T	2	93	60	53	46	41	38	35	35
2 24-Vollautomatisch	6	44	50	81	79	77	75	74	74
3 26,30-Pufferzone,	6	36	50	85	82	81	80	79	79
4 25-Lagerung Palett	6	45	50	81	78	76	75	74	74
5 06-Büro Tagesdiens	1	59	47	76	73	71	69	68	68
6 Auslieferung Wanen	6	81	55	62	57	53	50	49	48
7 22-Personalaufenth	5	85	55	60	55	50	48	46	45
8 TRH Personal-Trepp	2	78	50	67	62	59	57	55	55
9 Flur	2	89	60	55	48	43	40	38	38
10 OG Büroräume Ost	1	63	52	72	68	65	63	62	61
11 08-Großraumbüro AM	1	60	47	76	73	70	68	67	67
12 09,10- Abteilungs	1	53	47	79	76	73	72	71	71
13 55-Sozialraum	5	61	50	74	71	68	66	65	65
14 56-Labor Qualitäts	7	49	47	81	78	76	74	74	73
15 52-Unit Dose (D) V	7	68	47	73	69	66	64	63	63
16 57-Büro Qualität	1	63	47	75	71	69	67	66	66
17 61-Labor Galenik (	7	63	47	75	71	69	67	66	66
18 62,12-Büro Qualitä	1	64	52	72	68	65	63	61	61
19 Bereitstellungsflä	5	76	55	65	60	56	53	52	51
20 Herstellung Asept	8	61	47	76	72	69	68	67	66
21 50,51-(CNC) Büro T	1	46	47	82	79	77	76	75	75
22 47-(D) Herstellung	8	50	47	80	77	75	74	73	72
23 TRH-Treppe	2	63	50	73	69	66	64	63	63
24 Flur	2	71	50	70	65	62	60	59	58
25 Flur	2	59	50	75	71	68	67	65	65
26 Flur	2	66	50	72	68	65	63	61	61

Kontrollsystem(e): manuell (REF)

 CTL<sub>kon</sub> = Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des tageslichtabhängigen Kontrollsystems interpoliert nach Tab.25

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

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

## 10.3 Kunstlichtversorgung

 elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (10)  
 aus Angaben der Fachplanung, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	E <sub>m</sub> lx	P <sub>j</sub> W/m <sup>2</sup>	f <sub>Prä</sub> m <sup>2</sup>	t <sub>T, TL</sub> h/m	t <sub>T, KTL</sub> h/a	t <sub>N</sub> h/a	Q <sub>l, b</sub> kWh/m
1 1 Büro	1	500	5,0	0,85	138	2162	176	306
2 2 Verkehrsflächen	2	100	2,2	0,14	20	369	30	53
3 3 Technik	3	100	3,2	0,07	0	175	14	67
4 4 Sanitär	4	200	5,0	0,55	0	1399	114	64
5 5 Aufenthalt	5	300	4,8	0,75	107	1907	155	95
6 6 Logistik	6	100	5,5	0,07	12	175	14	91
7 7 Labor	7	500	5,5	0,85	140	2162	176	232
8 8 Herstellungs-lab	8	500	5,5	0,85	145	2162	176	68
9 9 Lager	9	100	3,2	0,07	0	175	14	12
10 10 Besprechung	10	500	5,0	0,75	0	1907	155	50

1038

 10.4 Endenergiebedarf für Beleuchtung Q<sub>l, f</sub>

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
1 Büro	195	209	209	228	214	187	200	2.398
2 Verkehrsfläc	50	52	51	53	53	47	52	611
3 Technik	65	67	65	67	67	61	67	794
4 Sanitär	62	64	62	64	64	58	64	755

5 Aufenthalt	89	94	93	100	95	84	91	1.089
6 Logistik	86	90	88	93	91	80	88	1.044
7 Labor	218	228	226	239	232	205	224	2.661
8 Herstellungs	63	66	67	71	68	60	64	772
9 Lager	11	12	11	12	12	11	12	137
10 Besprechung	49	50	49	50	50	46	50	594
	888	932	922	978	947	838	912	10.853

$p_j$  = spezifische, elektrische Bewertungsleistung, manuelle Angabe nach Fachplanung

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

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

**11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)****11.1 Kühlenergiebedarf**Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)  
Betrachtungsmontat Juli

Zone	Q <sub>sink</sub>	Q <sub>source</sub>	$\gamma$	c <sub>wirk</sub>	$\tau$	$\eta$
1 Büro	35	107	3,060	50,000	40,83	0,325
2 Verkehrsflächen	43	81	1,879	50,000	61,34	0,516
3 Technik	80	28	0,351	50,000	57,02	0,995
4 Sanitär	8	7	0,881	50,000	14,81	0,907
5 Aufenthalt	11	29	2,726	50,000	23,51	0,366
6 Logistik	49	88	1,797	50,000	81,81	0,544
7 Labor	0	77	0,000	50,000	5,50	0,000
8 Herstellungslabore	0	27	0,000	50,000	5,50	0,000
9 Lager	0	2	0,000	50,000	146,08	0,000
10 Besprechung	4	8	2,216	50,000	16,03	0,457

**Kühlenergiebedarf**

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ Q <sub>C,b</sub> (Raumklima)								
1 Büro	-	-	1	8	202	540	1.102	4.918
2 Verkehrsfläc	-	-	-	1	29	158	458	2.093
3 Technik	-	-	-	-	-	-	1	4
4 Sanitär	-	-	-	-	0	1	4	31
5 Aufenthalt	2	4	4	19	107	177	282	1.600
6 Logistik	-	-	-	-	9	90	357	1.907
7 Labor	1.822	1.916	1.805	2.579	3.475	4.346	4.782	40.695
8 Herstellungs	547	566	552	826	1.158	1.435	1.566	12.993
9 Lager	-	-	-	-	-	-	2	144
10 Besprechung	1	1	1	3	13	46	69	383
⇒ Q <sub>C*,b</sub> (RLT)								
2 Verkehrsfläc	-	-	-	-	1	10	22	121
3 Technik	-	-	-	-	2	17	38	210
4 Sanitär	-	-	-	-	12	131	294	1.601
5 Aufenthalt	-	-	-	-	8	82	185	1.009
6 Logistik	-	-	-	-	1	15	34	185
7 Labor	-	-	-	-	60	659	1.483	8.079
8 Herstellungs	-	-	-	-	19	205	461	2.511
9 Lager	-	-	-	-	0	3	7	36
10 Besprechung	-	-	-	-	7	75	170	924

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme Q<sub>C,b</sub> und der RLT-Kühlregister Q<sub>C\*,b</sub>Q<sub>C,b</sub> = (1 - η) \* Q<sub>source</sub> mit Q<sub>source</sub> = (Q<sub>T</sub> + Q<sub>V</sub> + Q<sub>S</sub> + Q<sub>I</sub>)<sub>source</sub> (T2, Gl.2, nur Regelbetrieb)berechnet mit θ<sub>i,c</sub> = θ<sub>i,c,soll</sub> - 2K (T2 Gl.39), c<sub>wirk</sub> und Zeitkonstante τ siehe Abschnitt 6.0**11.2 Maximal erforderliche Kälteleistung Q<sub>C,max</sub>**Q<sub>C,max</sub> nach DIN V 18599-2, Anhang C

Zone	t <sub>c,op,d</sub> h/d	Q <sub>C,max, Juli</sub> kW	Q <sub>C,max, Sept</sub> kW	techn. gekühlt
1 Büro	13	21,7	17,4	nein
2 Verkehrsflächen	13	16,6	13,7	ja
3 Technik	13	7,4	0,9	ja
4 Sanitär	13	0,5	-0,7	ja
5 Aufenthalt	13	4,8	4,0	ja
6 Logistik	13	8,7	4,6	ja
7 Labor	24	11,7	6,9	ja

8 Herstellungslabore	24	4,5	2,7	ja
9 Lager	13	0,4	0,1	ja
10 Besprechung	13	0,6	0,0	ja
		76,9	49,6	

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

#### 11.4.2 Verkehrsflächen

##### Erzeuger-Nutzkältebedarf

RLT-Klimasystem: Kältesystem Kaltwasser 6/12 °C (4.048 m<sup>2</sup>)

2 Verkehrsflächen

3 Technik

4 Sanitär

5 Aufenthalt

6 Logistik

7 Labor

8 Herstellungslabore

9 Lager

10 Besprechung

Erzeuger-Nutzkältebedarf  $Q_{C^*,outg} = Q_{C^*,b} * \eta$  mit  $\eta$  = Nutzungsgrade der Kälteübergabe und -verteilung RLT

$\eta = (4 - \eta_{C^*,ce} - \eta_{C^*,ce,sens} - \eta_{C^*,d}) = 4 - 0,9 - 0,94 - 0,95 = 1,210$  (T7, Tab.13)

Bedarfszeit der RLT-Kühlung  $t_{C^*,op}$  nach T7, Gl.10, siehe RLT-Systeme

Erzeuger-Nutzwärmeabgabe für die Dampfversorgung  $Q_{St^*,outg} = Q_{St,b}$  (T7, Gl.24)

Raumklimasystem: nicht vorgesehen

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{C^*,b}$	kWh	-	-	-	-	110	1.197	2.694	14.676
$Q_{C^*,outg}$	kWh	-	-	-	-	133	1.449	3.260	17.759
$Q_{m^*,outg}$	kWh	3.339	3.436	2.968	3.614	3.820	1.663	289	22.497
$t_{C^*,op}$	h	-	-	-	-	9	252	493	1.855

##### Hilfsenergiebedarf

Kälteverteilung:  $W_{Z,aux,d}$  Strombedarf der Kälteverteilung mit dem vereinfachten Verfahren nach DIN V 18599-7:2018, Abs.6.5.3 für bedarfsgesteuerte Betriebsweise, Rohrnetz energetisch optimiert, optimale Auslegung, mit den Netzteilen Primärkreis, Hauptverteiler, RLT-Kühlung, Rückkühlung

Kälteleistung der Versorgungseinheit  $Q_Z = 55,1$  kW, Hilfsenergieaufwand  $W_{Z,d}$

weitere Hilfsenergien ...

Pumpe eines Kreislaufverbundsystems zur WRG, geregelte Pumpe,  $W_{hr,f} = V_{AI} * 0.015 * t_{WRG} / 1000$

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$W_{Z,d}$	kWh	-	-	-	-	7	74	167	911
$W_{hr,f}$	kWh	0	0	0	0	0	0	0	3
	kWh	0	0	0	0	7	75	168	915

##### Kälteerzeugung

Kältespeicherung: Speicherverluste  $Q_{C,s}$  nicht vorhanden

Kältemaschine: (212) 55,1 kW wassergekühlte Kompressionskältemaschine, Kältemittel R134a, Trockenkühler, Kaltwasseraustrittstemperatur 6 °C (KKM), Schraubenverdichter (5), EER = 2,90 mit  $f_{C,B} = 1$  (Baujahr 2010), konstante Kühlwassermenge, spezifischer Energiebedarf des Rückkühlers  $q_{R,el} = 0,030$  kW/kW (Gl.52)

Teillast-Kennwerte  $PLV_{AV}$  und Nutzungsfaktoren für den Rückkühler  $f_R$  nach Zonen, Tabellenwerte aus Anhang A:

Kennwerttabellen für Nutzungsarten nach Tab. A.2

2 Verkehrsflächen, RLT-System,  $PLV_{AV} = 0,87$ ,  $f_R = 0,10$  (A3)

3 Technik, RLT-System,  $PLV_{AV} = 0,87$ ,  $f_R = 0,10$  (A3)

4 Sanitär, RLT-System,  $PLV_{AV} = 0,87$ ,  $f_R = 0,10$  (A3)

5 Aufenthalt, RLT-System,  $PLV_{AV} = 0,87$ ,  $f_R = 0,10$  (A3)

6 Logistik, RLT-System,  $PLV_{AV} = 0,87$ ,  $f_R = 0,10$  (A3)

7 Labor, RLT-System,  $PLV_{AV} = 0,82$ ,  $f_R = 0,11$  (A18)

8 Herstellungslabore, RLT-System,  $PLV_{AV} = 0,82$ ,  $f_R = 0,11$  (A18)

9 Lager, RLT-System,  $PLV_{AV} = 0,87$ ,  $f_R = 0,10$  (A3)

10 Besprechung, RLT-System,  $PLV_{AV} = 0,87$ ,  $f_R = 0,10$  (A3)

Mittelwerte  $PLV_{AV} = 0,83$ ,  $f_R = 0,11$

Betriebszeit der Rückkühlung  $t_{R,op}$  nach Gl.66 (Maximum aus RLT- und Raumkühlung)

elektrischer Endenergiebedarf Kältemaschine  $Q_{C,f,el} = Q_{C,outg} / (EER * PLV_{AV})$

Endenergie Rückkühlung  $W_{C,f,R,el} = Q_{C,outg} * (1 + 1 / EER) * q_{R,el} * f_{R,av} * t_{R,op}$  (Gl.52),  $f_{R,av,i.M.} = 0,11$

Dampferzeugung,  $f_{m*,f} = 0,00$  (Tab.38) ()

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{C*,outg}$	kWh	-	-	-	-	133	1.449	3.260	17.759
$Q_{C,f,el}$	kWh	-	-	-	-	55	599	1.349	7.348
$t_{R,op}$	h/m	-	-	-	-	9	252	493	1.855
$W_{C,f,R,el}$	kWh	-	-	-	-	2	60	117	441

Regenerativer Anteil  $Q_{C,reg} = 17.759 - 7.348 = 10.410$  kWh/a (58,6 %)

$Q_{m*,f}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
------------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---

### 11.5.3 Technik

#### Erzeuger-Nutzkältebedarf

RLT-Klimasystem: Kälteversorgung siehe Zone "2 Verkehrsflächen"

Erzeuger-Nutzwärmeabgabe für die Dampferzeugung  $Q_{St*,outg} = Q_{St,b}$  (T7, Gl.24)

Raumklimasystem:

### 11.6.4 Sanitär

#### Erzeuger-Nutzkältebedarf

RLT-Klimasystem: Kälteversorgung siehe Zone "2 Verkehrsflächen"

Erzeuger-Nutzwärmeabgabe für die Dampferzeugung  $Q_{St*,outg} = Q_{St,b}$  (T7, Gl.24)

Raumklimasystem:

### 11.7.5 Aufenthalt

#### Erzeuger-Nutzkältebedarf

RLT-Klimasystem: Kälteversorgung siehe Zone "2 Verkehrsflächen"

Erzeuger-Nutzwärmeabgabe für die Dampferzeugung  $Q_{St*,outg} = Q_{St,b}$  (T7, Gl.24)

Raumklimasystem:

### 11.8.6 Logistik

#### Erzeuger-Nutzkältebedarf

RLT-Klimasystem: Kälteversorgung siehe Zone "2 Verkehrsflächen"

Erzeuger-Nutzwärmeabgabe für die Dampferzeugung  $Q_{St*,outg} = Q_{St,b}$  (T7, Gl.24)

Raumklimasystem: nicht vorgesehen

*11.9 7 Labor**Erzeuger-Nutzkältebedarf*

RLT-Klimasystem: Kälteversorgung siehe Zone "2 Verkehrsflächen"

Erzeuger-Nutzwärmeabgabe für die Dampfversorgung  $Q_{St^*,outg} = Q_{St,b}$  (T7, Gl.24)

Raumklimasystem: nicht vorgesehen

*11.10 8 Herstellungslabore**Erzeuger-Nutzkältebedarf*

RLT-Klimasystem: Kälteversorgung siehe Zone "2 Verkehrsflächen"

Erzeuger-Nutzwärmeabgabe für die Dampfversorgung  $Q_{St^*,outg} = Q_{St,b}$  (T7, Gl.24)

Raumklimasystem: nicht vorgesehen

*11.11 9 Lager**Erzeuger-Nutzkältebedarf*

RLT-Klimasystem: Kälteversorgung siehe Zone "2 Verkehrsflächen"

Erzeuger-Nutzwärmeabgabe für die Dampfversorgung  $Q_{St^*,outg} = Q_{St,b}$  (T7, Gl.24)

Raumklimasystem: nicht vorgesehen

*11.12 10 Besprechung**Erzeuger-Nutzkältebedarf*

RLT-Klimasystem: Kälteversorgung siehe Zone "2 Verkehrsflächen"

Erzeuger-Nutzwärmeabgabe für die Dampfversorgung  $Q_{St^*,outg} = Q_{St,b}$  (T7, Gl.24)

Raumklimasystem: nicht vorgesehen

*11.13 Endenergie Klimasysteme*Endenergie Klimakälte  $W_{C,f}$ , Endenergie Dampf  $Q_{m^*,f}$  und Hilfsenergie  $Q_{C,aux}$ 

Endenergie nach Energieträgern ohne Hilfsenergie

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$W_{C,f}$	kWh	-	-	-	-	55	599	1.349	7.348
$Q_{C,aux}$	kWh	0	0	0	0	9	135	285	1.356
Strom-Mix	kWh	-	-	-	-	55	599	1.349	7.348

**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 Büro	nicht relevant				-
2 Verkehrsflächen	nicht relevant				-
3 Technik	nicht relevant				-
4 Sanitär	Bürogebäude	0,030	m <sup>2</sup> Bürofläche	394	251 c
5 Aufenthalt	vernachlässigt				- b
6 Logistik	Werkstatt, Indu	0,090	m <sup>2</sup> Werkstattf	1150	2.198 c
7 Labor	Labor	0,030	m <sup>2</sup> Labor	243	155 c
8 Herstellungslabore	Labor	0,030	m <sup>2</sup> Labor	76	48 c
9 Lager	nicht relevant				-
10 Besprechung	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

b) Beträgt der tägliche Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser weniger als 0,2 kWh je Person und Tag bzw. weniger als 0,2 kWh je Beschäftigte und Tag (entspricht etwa 5 l je Person und Tag bzw. 5 l je Beschäftigte und Tag bei einer Warmwassertemperatur von 45°C) darf der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser vernachlässigt werden. Dies ist z.B. der Fall bei Bürogebäuden oder Schulen mit einzelnen Trinkwarmwasser-Zapfstellen (Handwaschbecken, Teeküche, Getränkeausgabe, Putzraum).

**12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme**

Versorgungsbereich	Zonen(n)	$f_{zapf}$	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	4/6/7/8/	1,00	31.226

**12.3 Verteilungsnetze**

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4/6/7/8

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

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_i$ , gedämmte Leitungen nach 1995 (REF)

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

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom  $V = 0,80$  m<sup>3</sup>/h,  $\Delta p = 25,7$  kPa,  $P_{hydr} = 5,697$  kPa\*m<sup>3</sup>/h,  $e_{w,d,aux} = 8,1$

Elektrische Leistungsaufnahme  $P_p =$  unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

	Verteilung (V)			Stränge (S)		Stichtlg. (St)		
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4/6/7/8								
Leitungslängen $l_i$	122 m	151 m	303 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 $\theta_{I,Jan}$	19,9 °C	19,9 °C	19,9 °C					
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4/6/7/8

$Q_{w,b}$	kWh	2.567	2.652	2.567	2.652	2.652	2.395	2.652	31.226
$Q_{w,d,V}$	kWh	499	521	509	530	529	477	526	6.130
$Q_{w,d,S}$	kWh	766	799	782	813	813	733	807	9.406
$Q_{w,d,St}$	kWh	466	492	488	511	511	460	503	5.796
$Q_{w,d}$	kWh	1.731	1.812	1.779	1.854	1.853	1.670	1.835	21.333
$W_{w,d}$	kWh	10	11	10	11	11	10	11	127
$Q_{I,w,d}$	kWh	1.731	1.812	1.779	1.854	1.853	1.670	1.835	21.333

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

$Q_{w,d}$  = Wärmeverluste des Rohrnetzes der Warmwasserverteilung nach DIN V 18599-8, Abs. 6.2  
 Leitungslängen der Verteilung (V), der Stränge (S) und der Sticleitungen (St) nach Tab.10 oder manuell  
 $Q_{l,w,d}$  = ungetriggerte Wärmeeinträge durch die WW-Verteilung, siehe "interne Wärmegewinne"  
 $W_{w,d}$  = Hilfsenergiebedarf der Zirkulationspumpe

#### 12.4 Warmwasserspeicher

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4/6/7/8  
 indirekt beheizter Speicher nach 1994, Speichervolumen  $V = 800$  Liter  
 Bereitschafts-Wärmeverlust  $Q_{s,P0,day} = 1,8$  kWh/d (T8 Gl. 26-30)  
 Umgebungstemperatur am Aufstellort  $\theta_l$  13,0 °C (Heizperiode), außerhalb der Heizperiode 22,0 °C  
 Speicher-Wärmeverlust  $Q_{w,s} = f_{con} * (55-T_u)/45 * d_{op,mth} * Q_{s,P0,day}$  mit  $f_{con} = 1,2$  (Gl.25)  
 Speicherladepumpe mit  $P_p = 51$  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
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4/6/7/8									
$Q_{w,outg}$	kWh	4.298	4.464	4.345	4.506	4.505	4.065	4.487	52.559
$Q_{w,s}$	kWh	42	43	42	43	43	39	43	469
$W_{w,s}$	kWh	10	11	10	11	11	10	11	124

#### 12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

#### 12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4/6/7/8									
$Q_{w,outg}$	kWh	4.339	4.507	4.387	4.549	4.548	4.104	4.530	53.027

#### 12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

#### 12.8 Wärmeerzeugung

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4/6/7/8  
 Wärmeerzeuger 40 Fernwärme 26,6 kW (Nah-/Fernwärme HW, fossil),  $f_p = 0,30$ , siehe Heizbereich 1  
 Warmwasser, niedrige Temperatur 105°C, Temperatur der Sekundärseite (Hausstation) = 50 °C  
 Dämmklasse nach EN 12828 = 4, Umgebungstemperatur am Aufstellort  $\theta_l = 13,0$  °C

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 4/6/7/8									
$Q_{w,outg}$	kWh	4.339	4.507	4.387	4.549	4.548	4.104	4.530	53.027
$Q_{w,g}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{w,f}$	kWh	4.339	4.507	4.387	4.549	4.548	4.104	4.530	53.027

mit  $Q_{w,outg}$  = Nutzwärmebedarf der Erzeugung,  $Q_{w,g}$  = 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	4.339	4.507	4.387	4.549	4.548	4.104	4.530	53.027
$Q_{w,f}$	kWh	4.339	4.507	4.387	4.549	4.548	4.104	4.530	53.027
$W_{w,f}$	kWh	21	21	21	21	21	19	21	251
Nah-/Fernw	kWh	4.339	4.507	4.387	4.549	4.548	4.104	4.530	53.027
$Q_{I,w,<4>}$	kWh/d	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	
$Q_{I,w,<6>}$	kWh/d	42,3	42,8	43,5	43,8	43,8	43,7	43,4	
$Q_{I,w,<7>}$	kWh/d	8,9	9,1	9,2	9,3	9,3	9,2	9,2	
$Q_{I,w,<8>}$	kWh/d	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	2,8	

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

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

Unregelmäßige Wärmeeinträge  $Q_I$  werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

### 13.0 Heizsysteme (DIN V 18599-5)

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

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

Zone	$Q_{T,max}$ kW	$Q_{V,max}$ kW	$V_{mech}$ m <sup>3</sup> /h	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
1 Büro	5,5	4,9	0	0,0	10,5
2 Verkehrsflächen	10,8	4,1	108	0,5	15,4
3 Technik	20,2	7,7	196	0,9	28,7
4 Sanitär	0,9	0,5	1499	6,5	8,0
5 Aufenthalt	2,0	0,8	945	4,1	6,9
6 Logistik	10,6	5,4	184	0,8	16,8
7 Labor	2,3	0,9	6075	24,0	27,2
8 Herstellungslabore	0,8	0,3	1886	7,4	8,5
9 Lager	0,8	0,6	34	0,1	1,6
10 Besprechung	0,0	0,3	866	3,8	4,1

$Q_{T,max}$  = 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

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

$Q_{V,mech} = 0.34 * V_{mech} * (\theta_{i,h,min} - \theta_v)$  = Heizleistung für die Nacherwärmung der Zuluft (RLT mit WRG)

$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + Q_{V,max}$  = Heizleistung (T2 Gl.B.1)

#### 13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone(n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Fußbodenheizung Nasssystem	70%	6/	31.536	16,8	18,5
2 Fußbodenheizung Nasssystem	31%	5/	2.255	6,9	7,6
3 Fußbodenheizung Nasssystem	24%	4/	1.879	8,0	8,8
4 freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr	****	****	126.487	60,2	65,9
5 freie Heizflächen 60 / 40°C 2-	76%	4/	5.950	8,0	8,8
6 freie Heizflächen 60 / 40°C 2-	69%	5/	5.018	6,9	7,6
7 Warmluftheizung Umluftheizung		7/8/	77.570	35,6	39,2
8 Warmluftheizung Umluftheizung	30%	6/	13.515	16,8	18,5
9					

\*\*\*\* = 1/2/3/9/10/

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

<2> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich,  $n \leq 10$ , System Nasssystem, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb ja, Einzelraumregelsystem ohne

<3> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich,  $n \leq 10$ , System Nasssystem, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb ja, Einzelraumregelsystem ohne

<4> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich,  $n \leq 10$ , 2-Rohr 60/40 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb ja, Einzelraumregelsystem ohne

<5> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich,  $n \leq 10$ , 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb ja, Einzelraumregelsystem ohne

<6> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich,  $n \leq 10$ , 2-Rohr 55/45 °C, Heizkörper vor Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb ja, Einzelraumregelsystem ohne

<7> Ablufttemperaturregelung hohe Qualität

<8> Ablufttemperaturregelung hohe Qualität

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

#### Heizwärmebedarf nach Heizbereichen

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

Q <sub>h,b,&lt;1&gt;</sub>	kWh	944	2.707	4.447	5.630	5.539	4.711	4.125	31.246
Q <sub>h*,b,&lt;1&gt;</sub>	kWh	9	17	31	50	49	41	32	290
Q <sub>h,b,&lt;2&gt;</sub>	kWh	31	95	234	312	290	250	183	1.552
Q <sub>h*,b,&lt;2&gt;</sub>	kWh	21	41	75	121	118	98	78	703
Q <sub>h,b,&lt;3&gt;</sub>	kWh	49	87	124	151	149	129	121	1.015
Q <sub>h*,b,&lt;3&gt;</sub>	kWh	26	50	92	148	145	121	96	864
Q <sub>h,b,&lt;4&gt;</sub>	kWh	3.272	10.269	18.130	23.204	22.515	19.153	15.935	123.592
Q <sub>h*,b,&lt;4&gt;</sub>	kWh	88	169	309	499	487	406	323	2.895
Q <sub>h,b,&lt;5&gt;</sub>	kWh	155	274	391	478	473	409	383	3.215
Q <sub>h*,b,&lt;5&gt;</sub>	kWh	83	159	292	470	459	383	305	2.735
Q <sub>h,b,&lt;6&gt;</sub>	kWh	70	212	521	696	646	557	408	3.454
Q <sub>h*,b,&lt;6&gt;</sub>	kWh	48	91	167	269	262	219	174	1.564
Q <sub>h,b,&lt;7&gt;</sub>	kWh	1.558	3.384	5.362	6.799	6.702	5.727	5.108	40.482
Q <sub>h*,b,&lt;7&gt;</sub>	kWh	1.132	2.162	3.956	6.372	6.220	5.189	4.134	37.089
Q <sub>h,b,&lt;8&gt;</sub>	kWh	405	1.160	1.906	2.413	2.374	2.019	1.768	13.391
Q <sub>h*,b,&lt;8&gt;</sub>	kWh	4	7	13	21	21	17	14	124

Nutz-Heizwärmebedarf Q<sub>h,b</sub> nach T2, maximale Heizleistung Φ<sub>h,max</sub> (T2, Anhang B) und Kesselnennleistung Q<sub>N,h</sub> nach T5, 5.4

### 13.3 Heizzeiten

#### (1) Bereich "Fußbodenheizung Nasssystem", Leitzone 6 Logistik

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t <sub>h &lt;6&gt;</sub>	h/m	720	744	720	744	744	672	744	6.950
t <sub>h,rL,d &lt;6&gt;</sub>	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
d <sub>h,rB &lt;6&gt;</sub>	d/m	21	23	24	26	26	23	25	225
t <sub>h,rL &lt;6&gt;</sub>	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.410

#### (2) Bereich "Fußbodenheizung Nasssystem", Leitzone 5 Aufenthalt

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t <sub>h &lt;5&gt;</sub>	h/m	493	744	720	744	744	672	744	6.898
t <sub>h,rL,d &lt;5&gt;</sub>	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
d <sub>h,rB &lt;5&gt;</sub>	d/m	14	23	24	26	26	23	25	223
t <sub>h,rL &lt;5&gt;</sub>	h/m	185	308	389	462	460	400	391	3.377

#### (3) Bereich "Fußbodenheizung Nasssystem", Leitzone 4 Sanitär

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t <sub>h &lt;4&gt;</sub>	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.361
t <sub>h,rL,d &lt;4&gt;</sub>	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
d <sub>h,rB &lt;4&gt;</sub>	d/m	21	23	24	26	26	23	25	265
t <sub>h,rL &lt;4&gt;</sub>	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.934

#### (4) Bereich "freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr", Leitzone 1 Büro

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t <sub>h &lt;1&gt;</sub>	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.291
t <sub>h,rL,d &lt;1&gt;</sub>	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
d <sub>h,rB &lt;1&gt;</sub>	d/m	21	23	24	26	26	23	25	263
t <sub>h,rL &lt;1&gt;</sub>	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.907

#### (5) Bereich "freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr", Leitzone 4 Sanitär

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
t <sub>h &lt;4&gt;</sub>	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.361
t <sub>h,rL,d &lt;4&gt;</sub>	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
d <sub>h,rB &lt;4&gt;</sub>	d/m	21	23	24	26	26	23	25	265
t <sub>h,rL &lt;4&gt;</sub>	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.934

#### (6) Bereich "freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr", Leitzone 5 Aufenthalt

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

$t_h <5>$	h/m	493	744	720	744	744	672	744	6.898
$t_{h,rL,d} <5>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <5>$	d/m	14	23	24	26	26	23	25	223
$t_{h,rL} <5>$	h/m	185	308	389	462	460	400	391	3.377

## (7) Bereich "Warmluftheizung Umluftheizung", Leitzone 7 Labor

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <7>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.746
$t_{h,rL,d} <7>$	h/d	24	24	24	24	24	24	24	
$d_{h,rB} <7>$	d/m	21	23	24	26	26	23	25	276
$t_{h,rL} <7>$	h/m	499	557	585	632	631	563	599	6.628

## (8) Bereich "Warmluftheizung Umluftheizung", Leitzone 6 Logistik

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <6>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	6.950
$t_{h,rL,d} <6>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <6>$	d/m	21	23	24	26	26	23	25	225
$t_{h,rL} <6>$	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.410

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

## (1) Fußbodenheizung Nasssystem

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

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta\vartheta_{ce} = 0+1,2+(0,7+0,5)/2-0,2+0,2-1,2 = 0,60^\circ\text{K}$  (T5 Gl.35)

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

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Stellantriebe elektromotorisch (0,1 Watt)

$W_{h,ce} = P_{C,aux} * d_{mth} * 24/1000 + (P_{fan,aux} * n_{fan} + P_{Pu,aux} * n_{Pu}) * t_{h,rL}/1000$  (T5 Gl.44)

## (2) Fußbodenheizung Nasssystem

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

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta\vartheta_{ce} = 0+1,2+(0,7+0,5)/2-0,2+0,2+0 = 1,80^\circ\text{K}$  (T5 Gl.35)

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

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Stellantriebe elektromotorisch (0,1 Watt)

$W_{h,ce} = P_{C,aux} * d_{mth} * 24/1000 + (P_{fan,aux} * n_{fan} + P_{Pu,aux} * n_{Pu}) * t_{h,rL}/1000$  (T5 Gl.44)

## (3) Fußbodenheizung Nasssystem

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

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta\vartheta_{ce} = 0+1,2+(0,7+0,5)/2-0,2+0,2+0 = 1,80^\circ\text{K}$  (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (Gl.34) (17,1%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Stellantriebe elektromotorisch (0,1 Watt)

$W_{h,ce} = P_{C,aux} * d_{mth} * 24/1000 + (P_{fan,aux} * n_{fan} + P_{Pu,aux} * n_{Pu}) * t_{h,rL}/1000$  (T5 Gl.44)

## (4) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich,  $n \leq 10$ , 2-Rohr 60/40 °C, Heizkörper vor

Außenwand, Raumtemperaturregelung P-Regler nicht zertifiziert, intermittierender Heizbetrieb  
 ja, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta\vartheta_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2-0,3+0,2+0 = 1,50^\circ\text{K}$  (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (Gl.34) (10,1%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Stellantriebe elektromotorisch (0,1 Watt)

$W_{h,ce} = P_{C,aux} * d_{mth} * 24/1000 + (P_{fan,aux} * \eta_{fan} + P_{Pu,aux} * \eta_{Pu}) * t_{h,rL}/1000$  (T5 Gl.44)

(5) freie Heizflächen 60 / 40°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  
 ja, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta\vartheta_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2-0,3+0,2+0 = 1,50^\circ\text{K}$  (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (Gl.34) (14,3%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Stellantriebe elektromotorisch (0,1 Watt)

$W_{h,ce} = P_{C,aux} * d_{mth} * 24/1000 + (P_{fan,aux} * \eta_{fan} + P_{Pu,aux} * \eta_{Pu}) * t_{h,rL}/1000$  (T5 Gl.44)

(6) freie Heizflächen 60 / 40°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  
 ja, Einzelraumregelsystem ohne

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta\vartheta_{ce} = (0,5+0,3)/2+1,2-0,3+0,2+0 = 1,50^\circ\text{K}$  (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (Gl.34) (10,1%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Stellantriebe elektromotorisch (0,1 Watt)

$W_{h,ce} = P_{C,aux} * d_{mth} * 24/1000 + (P_{fan,aux} * \eta_{fan} + P_{Pu,aux} * \eta_{Pu}) * t_{h,rL}/1000$  (T5 Gl.44)

(7) Warmluftheizung Umluftheizung

Ablufttemperaturregelung hohe Qualität

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta\vartheta_{ce} = 1,5 = 1,50^\circ\text{K}$  (T5 Gl.35)

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

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Stellantriebe elektromotorisch (0,1 Watt)

$W_{h,ce} = P_{C,aux} * d_{mth} * 24/1000 + (P_{fan,aux} * \eta_{fan} + P_{Pu,aux} * \eta_{Pu}) * t_{h,rL}/1000$  (T5 Gl.44)

(8) Warmluftheizung Umluftheizung

Ablufttemperaturregelung hohe Qualität

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta\vartheta_{ce} = 1,5 = 1,50^\circ\text{K}$  (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (Gl.34) (10,2%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: Stellantriebe elektromotorisch (0,1 Watt)

$W_{h,ce} = P_{C,aux} * d_{mth} * 24/1000 + (P_{fan,aux} * \eta_{fan} + P_{Pu,aux} * \eta_{Pu}) * t_{h,rL}/1000$  (T5 Gl.44)

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<b>(1) Fußbodenheizung Nasssystem</b>									
$Q_{h,b}$	kWh	944	2.707	4.447	5.630	5.539	4.711	4.125	31.246
$Q_{h,ce}$	kWh	88	148	165	176	174	155	159	1.276
$W_{h,ce}$	kWh	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>(2) Fußbodenheizung Nasssystem</b>									
$Q_{h,b}$	kWh	31	95	234	312	290	250	183	1.552
$Q_{h,ce}$	kWh	9	16	26	30	28	25	21	189
$W_{h,ce}$	kWh	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>(3) Fußbodenheizung Nasssystem</b>									
$Q_{h,b}$	kWh	49	87	124	151	149	129	121	1.015
$Q_{h,ce}$	kWh	14	14	14	14	14	13	14	174

$W_{h,ce}$	kWh	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>(4) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr</b>									
$Q_{h,b}$	kWh	3.272	10.269	18.130	23.204	22.515	19.153	15.935	123.592
$Q_{h,ce}$	kWh	772	1.411	1.695	1.824	1.779	1.584	1.545	12.504
$W_{h,ce}$	kWh	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>(5) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr</b>									
$Q_{h,b}$	kWh	155	274	391	478	473	409	383	3.215
$Q_{h,ce}$	kWh	37	38	37	38	38	34	37	459
$W_{h,ce}$	kWh	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>(6) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr</b>									
$Q_{h,b}$	kWh	70	212	521	696	646	557	408	3.454
$Q_{h,ce}$	kWh	16	29	49	55	51	46	40	350
$W_{h,ce}$	kWh	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>(7) Warmluftheizung Umluftheizung</b>									
$Q_{h,b}$	kWh	1.558	3.384	5.362	6.799	6.702	5.727	5.108	40.482
$Q_{h,ce}$	kWh	410	483	506	534	529	475	501	4.973
$W_{h,ce}$	kWh	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>(8) Warmluftheizung Umluftheizung</b>									
$Q_{h,b}$	kWh	405	1.160	1.906	2.413	2.374	2.019	1.768	13.391
$Q_{h,ce}$	kWh	95	158	177	188	186	166	170	1.367
$W_{h,ce}$	kWh	0	0	0	0	0	0	0	1
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	7.926	20.487	33.782	42.540	41.488	35.452	30.520	239.239

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

Verluste der Wärmeübergabe  $Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (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) Fußbodenheizung Nasssystem

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "1 Wohnen, Büro, Hotels", Netztyp 3 Steigestrangtyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{Nutz,Heizbereich} = 1150,3 \text{ m}^2$ , Geschosshöhe i.M. = 4,52 m, 4 Geschosse. manuell

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\theta_{VA} = 35 \text{ °C} / \theta_{RA} = 28 \text{ °C}$ , Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Wärmedurchgangszahlen  $U_i$  nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 70 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren  $f_{hydr. \text{ Abgleich}} = 1,00$ ,  $f_{Netzform} = 1,00$ ,  $f_{d,Pumpenmanagement} = 0,75$

Heizungspumpe  $\Delta p$  konstant, bedarfsgerecht,  $P_{Pumpe}$  unbekannt, intermittierend

#### (2) Fußbodenheizung Nasssystem

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "1 Wohnen, Büro, Hotels", Netztyp 2 Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{Nutz,Heizbereich} = 134,7 \text{ m}^2$ , Geschosshöhe i.M. = 4,52 m, 4 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\theta_{VA} = 35 \text{ °C} / \theta_{RA} = 28 \text{ °C}$ ,  $T_{i,Soll,<5>} = 21,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen  $U_i$  nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 47 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren  $f_{hydr. Abgleich} = -$ ,  $f_{Netzform} = 1,00$ ,  $f_{d,Pumpenmanagement} = 0,75$

Heizungspumpe  $\Delta p$  konstant, bedarfsgerecht,  $P_{Pumpe}$  unbekannt, intermittierend

### (3) Fußbodenheizung Nasssystem

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "1 Wohnen, Büro, Hotels", Netztyp 3 Steigestrangtyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{Nutz,Heizbereich} = 99,8 \text{ m}^2$ , Geschosshöhe i.M. = 4,52 m, 4 Geschosse. manuell

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\theta_{VA} = 35 \text{ °C} / \theta_{RA} = 28 \text{ °C}$ ,  $T_{i,Soll,<4>} = 21,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen  $U_i$  nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 47 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren  $f_{hydr. Abgleich} = -$ ,  $f_{Netzform} = 1,00$ ,  $f_{d,Pumpenmanagement} = 0,45$

Heizungspumpe  $\Delta p$  konstant, bedarfsgerecht,  $P_{Pumpe}$  unbekannt, intermittierend

### (4) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "1 Wohnen, Büro, Hotels", Netztyp 3 Steigestrangtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{Nutz,Heizbereich} = 2738,3 \text{ m}^2$ , Geschosshöhe i.M. = 4,52 m, 4 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\theta_{VA} = 60 \text{ °C} / \theta_{RA} = 40 \text{ °C}$ ,  $T_{i,Soll,<1>} = 21,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen  $U_i$  nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 30 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren  $f_{hydr. Abgleich} = -$ ,  $f_{Netzform} = 1,00$ ,  $f_{d,Pumpenmanagement} = 0,75$

Heizungspumpe  $\Delta p$  variabel, bedarfsgerecht,  $P_{Pumpe}$  unbekannt, intermittierend

### (5) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "1 Wohnen, Büro, Hotels", Netztyp 3 Steigestrangtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{Nutz,Heizbereich} = 99,8 \text{ m}^2$ , Geschosshöhe i.M. = 4,52 m, 4 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\theta_{VA} = 60 \text{ °C} / \theta_{RA} = 40 \text{ °C}$ ,  $T_{i,Soll,<4>} = 21,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen  $U_i$  nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 22 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren  $f_{hydr. Abgleich} = -$ ,  $f_{Netzform} = 1,00$ ,  $f_{d,Pumpenmanagement} = 0,75$

Heizungspumpe  $\Delta p$  variabel, bedarfsgerecht,  $P_{Pumpe}$  unbekannt, intermittierend

### (6) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "1 Wohnen, Büro, Hotels", Netztyp 3 Steigestrangtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{Nutz,Heizbereich} = 134,7 \text{ m}^2$ , Geschosshöhe i.M. = 4,52 m, 4 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\theta_{VA} = 60 \text{ °C} / \theta_{RA} = 40 \text{ °C}$ ,  $T_{i,Soll,<5>} = 21,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen  $U_i$  nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 22 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren  $f_{hydr. Abgleich} = -$ ,  $f_{Netzform} = 1,00$ ,  $f_{d,Pumpenmanagement} = 0,75$

Heizungspumpe  $\Delta p$  variabel, bedarfsgerecht,  $P_{Pumpe}$  unbekannt, intermittierend

### (7) Warmluftheizung Umluftheizung

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "1 Wohnen, Büro, Hotels", Netztyp 3 Steigestrangtyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{Nutz,Heizbereich} = 318,5 \text{ m}^2$ , Geschosshöhe i.M. = 4,52 m, 4 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\theta_{VA} = 60 \text{ °C} / \theta_{RA} = 40 \text{ °C}$ ,  $T_{i,Soll,<7>} = 20,0 \text{ °C}$

Wärmedurchgangszahlen  $U_i$  nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 22 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

Korrekturfaktoren  $f_{hydr. Abgleich} = -$ ,  $f_{Netzform} = 1,00$ ,  $f_{d,Pumpenmanagement} = 0,75$

Heizungspumpe  $\Delta p$  variabel, bedarfsgerecht,  $P_{Pumpe}$  unbekannt, intermittierend

### (8) Warmluftheizung Umluftheizung

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "1 Wohnen, Büro, Hotels", Netztyp 3 Steigestrangtyp, Einrohrnetz, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{\text{Nutz,Heizbereich}} = 1150,3 \text{ m}^2$ , Geschosshöhe i.M. = 4,52 m, 4 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\theta_{\text{VA}} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$  /  $\theta_{\text{RA}} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{i,Soll,<6>}} = 21,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Wärmedurchgangszahlen  $U_i$  nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

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

Korrekturfaktoren  $f_{\text{hydr}}$ . Abgleich = -,  $f_{\text{Netzform}} = 1,00$ ,  $f_{\text{d,Pumpenmanagement}} = 0,75$

Heizungspumpe  $\Delta p$  variabel, bedarfsgerecht,  $P_{\text{Pumpe}}$  unbekannt, intermittierend

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
<b>(1) Fußbodenheizung Nasssystem</b>			
Leitungslängen $l_i$	183,2 m	143,8 m	9,0 m
Wärmedurchgangszahlen $U_i$	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{\text{I},i}$	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C
<b>(2) Fußbodenheizung Nasssystem</b>			
Leitungslängen $l_i$	36,8 m	1,9 m	- m
Wärmedurchgangszahlen $U_i$	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{\text{I},i}$	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C
<b>(3) Fußbodenheizung Nasssystem</b>			
Leitungslängen $l_i$	56,4 m	4,8 m	9,0 m
Wärmedurchgangszahlen $U_i$	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{\text{I},i}$	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C
<b>(4) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr</b>			
Leitungslängen $l_i$	316,1 m	479,9 m	684,6 m
Wärmedurchgangszahlen $U_i$	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{\text{I},i}$	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C
<b>(5) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr</b>			
Leitungslängen $l_i$	56,4 m	4,8 m	25,0 m
Wärmedurchgangszahlen $U_i$	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{\text{I},i}$	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C
<b>(6) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr</b>			
Leitungslängen $l_i$	62,7 m	7,3 m	33,7 m
Wärmedurchgangszahlen $U_i$	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{\text{I},i}$	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C
<b>(7) Warmluftheizung Umluftheizung</b>			
Leitungslängen $l_i$	90,8 m	24,1 m	79,6 m
Wärmedurchgangszahlen $U_i$	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{\text{I},i}$	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C
<b>(8) Warmluftheizung Umluftheizung</b>			
Leitungslängen $l_i$	91,6 m	71,9 m	287,6 m
Wärmedurchgangszahlen $U_i$	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{\text{I},i}$	20,0 °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 Wärmeinträge  $Q_{\text{i,h,d}}$  und Hilfsenergiebedarf  $Q_{\text{h,d,aux}}$

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<b>(1) Fußbodenheizung Nasssystem</b>								
$\beta_{\text{h,d}}$	0,09	0,23	0,38	0,46	0,46	0,43	0,34	
$\theta_{\text{VL,av}}$	°C	22,5	24,7	26,8	28,0	27,9	27,5	26,3
$\theta_{\text{RL,av}}$	°C	21,7	22,8	23,9	24,5	24,4	24,3	23,6

$Q_{h,d}$	kWh	29	75	150	213	209	172	138	1.083
$W_{h,d}$	kWh	18	26	34	41	40	35	33	277
$Q_{I,h,d}$	kWh	29	75	150	213	209	172	138	1.083

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

(2) Fußbodenheizung Nasssystem

$\beta_{h,d}$		0,01	0,02	0,05	0,07	0,06	0,06	0,04	
$\theta_{VL,av}$	°C	21,3	21,4	22,0	22,2	22,1	22,1	21,8	
$\theta_{RL,av}$	°C	21,1	21,2	21,5	21,6	21,6	21,5	21,4	

$Q_{h,d}$	kWh	2	3	5	7	7	6	5	42
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	2	3	5	7	7	6	5	42

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

(3) Fußbodenheizung Nasssystem

$\beta_{h,d}$		0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	
$\theta_{VL,av}$	°C	21,2	21,4	21,5	21,5	21,5	21,5	21,4	
$\theta_{RL,av}$	°C	21,1	21,2	21,2	21,3	21,3	21,3	21,2	

$Q_{h,d}$	kWh	5	6	8	10	10	8	8	75
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	5	6	8	10	10	8	8	75

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

(4) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr

$\beta_{h,d}$		0,09	0,26	0,46	0,56	0,54	0,51	0,39	
$\theta_{VL,av}$	°C	27,3	34,9	42,4	45,9	45,4	44,3	39,9	
$\theta_{RL,av}$	°C	24,1	27,8	31,4	33,1	32,9	32,4	30,2	

$Q_{h,d}$	kWh	552	1.255	2.364	3.251	3.170	2.642	2.119	17.272
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	552	1.255	2.364	3.251	3.170	2.642	2.119	17.272

Leitungsverluste  $Q_{h,d} = 7,2\%$ , unregelmäßige Wärmeeinträge  $Q_{l,h,d} = 7,2\%$   
 Aufteilung  $Q_{l,h,d}$ : nach Grundflächenanteilen

(5) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr

$\beta_{h,d}$		0,03	0,05	0,07	0,09	0,09	0,08	0,07	
$\theta_{VL,av}$	°C	23,8	25,1	26,3	27,0	26,9	26,7	26,1	
$\theta_{RL,av}$	°C	22,4	23,0	23,6	23,9	23,9	23,8	23,5	

$Q_{h,d}$	kWh	16	23	36	47	47	40	35	318
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	16	23	36	47	47	40	35	318

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

(6) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr

$\beta_{h,d}$		0,03	0,05	0,11	0,15	0,14	0,13	0,09	
$\theta_{VL,av}$	°C	23,3	24,7	28,4	29,9	29,4	29,2	27,0	
$\theta_{RL,av}$	°C	22,1	22,8	24,6	25,3	25,1	25,0	23,9	

$Q_{h,d}$	kWh	12	27	58	81	77	65	49	417
-----------	-----	----	----	----	----	----	----	----	-----

$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	12	27	58	81	77	65	49	417

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

(7) Warmluftheizung Umluftheizung

$\beta_{h,d}$		0,08	0,15	0,23	0,28	0,27	0,26	0,21	
$\theta_{VL,av}$	°C	23,9	27,0	30,5	32,4	32,3	31,7	29,8	
$\theta_{RL,av}$	°C	21,9	23,5	25,2	26,2	26,1	25,9	24,9	
$Q_{h,d}$	kWh	65	130	205	263	259	221	196	1.590
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	65	130	205	263	259	221	196	1.590

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

(8) Warmluftheizung Umluftheizung

$\beta_{h,d}$		0,04	0,11	0,17	0,21	0,20	0,19	0,15	
$\theta_{VL,av}$	°C	23,1	26,0	28,9	30,4	30,2	29,7	28,2	
$\theta_{RL,av}$	°C	22,0	23,5	24,8	25,6	25,5	25,3	24,5	
$Q_{h,d}$	kWh	77	160	293	405	397	330	272	2.171
$W_{h,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,h,d}$	kWh	77	160	293	405	397	330	272	2.171

Leitungsverluste  $Q_{h,d} = 0,9\%$ , unregelmäßige Wärmeeinträge  $Q_{l,h,d} = 0,9\%$   
 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 =  $\sum l_i \cdot U_i \cdot (\theta_{HK,m} - \theta_{l,i}) \cdot t_{h,rL,i} / 1000$  [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)

$W_{h,d} = W_{h,d,hydr} \cdot e_{h,d,aux} \cdot ((1,03 \cdot t_{h,rL} + f_{P,A} \cdot (t_h - t_{h,rL})) / t_h)$  (Gl.66, intermittierend)

$f_{P,A}$  = Korrekturfaktor für Absenkung / Abschaltung der Pumpe bei intermittierendem Betrieb

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	10.094	24.863	41.835	54.766	53.423	45.410	38.497	308.470

(2) Fußbodenheizung Nasssystem

Nutzwärmebedarf siehe Heizbereich (1) Fußbodenheizung Nasssystem

(3) Fußbodenheizung Nasssystem

Nutzwärmebedarf siehe Heizbereich (1) Fußbodenheizung Nasssystem

(4) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr

Nutzwärmebedarf siehe Heizbereich (1) Fußbodenheizung Nasssystem

(5) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr

Nutzwärmebedarf siehe Heizbereich (1) Fußbodenheizung Nasssystem

(6) freie Heizflächen 60 / 40°C 2-Rohr

Nutzwärmebedarf siehe Heizbereich (1) Fußbodenheizung Nasssystem

(7) Warmluftheizung Umluftheizung

Nutzwärmebedarf siehe Heizbereich (1) Fußbodenheizung Nasssystem

## (8) Warmluftheizung Umluftheizung

Nutzwärmebedarf siehe Heizbereich (1) Fußbodenheizung Nasssystem

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

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

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

## 13.7 Heizwärmepufferspeicher

Heizbereiche (1)

## (1) Fußbodenheizung Nasssystem

Speicher:

Speicher-Nenninhalt  $V = 1331 \text{ l}$ , Umgebungstemperatur  $\theta_u = 13,0 \text{ °C}$ Bereitschaftswärmeverlust  $q_{B,S} = 5,5 \text{ kWh/d}$ , Faktor für die Verbindungsleitung  $f_{con} = 1,20$ Speicherladepumpe, Leistungsaufnahme  $P_{Pumpe} = 75 \text{ W}$ 

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

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

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

## (1) Fußbodenheizung Nasssystem

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\theta_{h,s}$	°C	22	24	25	26	26	26	25	
$Q_{h,s}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$W_{h,s}$	kWh	3	9	16	22	21	18	15	117

## 13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

## 13.9 Heizwärmepumpen

nicht vorgesehen

## 13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8)

(1) "Fußbodenheizung Nasssystem", Zonen 6 ( $A_{NGF} = 1.150 \text{ m}^2$ )Heizung Fern- und Nahwärme, Warmwasser  $105 \text{ °C}$ Fernwärmestation  $P_n = 173,2 \text{ KW}$  (Nah-/Fernwärme HW, fossil),  $f_p = 0,30$ Temperatur der Sekundärseite der FW-Hausstation  $\theta_{sec,DS} = \theta_{HK,m}$  (monatlich)

Umgebungstemperatur am Aufstellort = Bilanzinnentemperatur, Dämmklasse nach EN 12828 = 4

Wärmeverlust  $Q_{h,gen}$  der Fernwärme-Hausstation nach Gl.242 ff(2) "Fußbodenheizung Nasssystem", Zonen 5 ( $A_{NGF} = 135 \text{ m}^2$ )

Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Fußbodenheizung Nasssystem

(3) "Fußbodenheizung Nasssystem", Zonen 4 ( $A_{NGF} = 100 \text{ m}^2$ )

Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Fußbodenheizung Nasssystem

(4) "freie Heizflächen 60 /  $40 \text{ °C}$  2-Rohr", Zonen 1/2/3/9/10 ( $A_{NGF} = 2.738 \text{ m}^2$ )

Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Fußbodenheizung Nasssystem

(5) "freie Heizflächen 60 /  $40 \text{ °C}$  2-Rohr", Zonen 4 ( $A_{NGF} = 100 \text{ m}^2$ )

Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Fußbodenheizung Nasssystem

(6) "freie Heizflächen 60 /  $40 \text{ °C}$  2-Rohr", Zonen 5 ( $A_{NGF} = 135 \text{ m}^2$ )

Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Fußbodenheizung Nasssystem

(7) "Warmluftheizung Umluftheizung", Zonen 7/8 ( $A_{NGF} = 319 \text{ m}^2$ )

Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Fußbodenheizung Nasssystem

(8) "Warmluftheizung Umluftheizung", Zonen 6 ( $A_{NGF} = 1.150 \text{ m}^2$ )

Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Fußbodenheizung Nasssystem

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

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

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

(1) Fußbodenheizung Nasssystem

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	10.094	24.863	41.835	54.766	53.423	45.410	38.497	308.470
$Q_{h,gen}$	kWh	82	86	85	88	88	80	87	1.013
$Q_{h,f}$	kWh	10.176	24.949	41.920	54.854	53.511	45.490	38.585	309.483
$W_{h,gen}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{l,h,gen}$	kWh	82	86	85	88	88	80	87	1.013

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

### 13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	10.176	24.949	41.920	54.854	53.511	45.490	38.585	309.483
$W_h$	kWh	22	35	51	64	63	54	48	404
Nah-/Fernw	kWh	10.176	24.949	41.920	54.854	53.511	45.490	38.585	309.483
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	2,6	5,8	11,3	15,1	14,7	13,6	9,8	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	5,1	11,1	21,7	28,8	28,1	26,0	18,8	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	8,8	19,3	37,6	50,0	48,8	45,0	32,6	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,7	0,9	1,5	1,8	1,8	1,7	1,4	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	0,4	1,0	2,1	2,8	2,7	2,5	1,7	
$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	6,3	10,4	17,6	22,8	22,4	20,8	16,0	
$Q_{I,h,<7>}$	kWh/d	1,6	3,2	5,2	6,5	6,4	6,0	4,8	
$Q_{I,h,<8>}$	kWh/d	0,5	1,0	1,6	2,0	2,0	1,9	1,5	
$Q_{I,h,<9>}$	kWh/d	1,5	3,3	6,5	8,6	8,4	7,7	5,6	
$Q_{I,h,<10>}$	kWh/d	0,4	0,9	1,7	2,2	2,1	2,0	1,4	

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

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

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

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelmäßige Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

## 14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

### 14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Stromgutschrift für Strom aus erneuerbaren Energiequellen  
 Stromangebot aus Photovoltaikanlage nach DIN V 18599-9:2018  
 Peakleistung 55,5 kWp, quadratmeterbezogen 55,5 / (4441,6) = 0,012 kWp/m<sup>2</sup>  
 PV-Module Ost 15 ° Standort Deutschland (Potsdam)  
 Stromgutschrift nach GEG §23, Abs.3 ohne Batteriespeicher  
 Strom im örtlichen Zusammenhang erzeugt, vorrangig im Gebäude genutzt  
 Zuschlag für Anlagengröße (70% Strombedarf der Anlagentechnik): ja

anrechenbarer PV-Ertrag nach GEG, §23, Abs.3, max. 30% von Q<sub>P,REF</sub>, max. 180% des PV-Jahresertrags  
 MIN( 150 \* 55,5 + 0,7 \* 62013; 0,30 \* 0,75\*500883,7; 1,8 \* 39059,6) = MIN( 51.734; 112.699; 70.307)  
 Primärenergie anrechenbar = 51.734 kWh/a (Endenergie = 28.741 kWh/a)

Strombedarf für Klimakälte Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	4.935	4.575	4.435	4.614	4.581	4.118	4.532	62.013
Stromangebot	kWh	3.291	2.146	809	474	864	1.083	2.648	39.060
anrechenbar	kWh	-	-	-	-	28.741	-	-	28.741

Jahres-Stromproduktion = 39.060 kWh/a, Strombedarf = 62.013 kWh/a, anrechenbar = 28.741 kWh/a

### 14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	f <sub>P</sub>	f <sub>HS/Hi</sub>	Q <sub>P</sub> kWh/a
Nah-/Fernwär	Heizwärme	6/	309.483	0,30	1,00	92.845
Nah-/Fernwär	Warmwasser	4/6/7/8/	53.027	0,30	1,00	15.908
Strom-Mix	Klimakälte	*	7.348	1,80	1,00	13.227
Strom-Mix	Beleuchtung	**	10.853	1,80	1,00	19.536
Strom-Mix	Hilfsenergie		43.811	1,80	1,00	78.860
Strom-Mix	Stromgutschrift		-28.741	1,80	1,00	-51.734
Σ [kWh/Jahr]			395.782			168.642

\* = 2/3/4/5/6/7/8/9/10/

\*\* = 1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/

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

Jahres-Primärenergiebedarf q<sub>P</sub> = 168.642 / 4.442 = **38,0 kWh/(m<sup>2</sup>a)** (Σ<sub>ANGF</sub> = 4.442 m<sup>2</sup>)

Endenergie (brennwertbezogen) = Jahressummen aus den Prozessbereichen

f<sub>P</sub> = Primärenergiefaktoren energieträgerbezogen nach DIN V 18599-1, Tab.A.1

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 9,9 kWh/(m<sup>2</sup>a), Nah-/Fernwärme HW, fossil 81,6 kWh/(m<sup>2</sup>a),

Strom-Mix 4,1 kWh/(m<sup>2</sup>a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -6,5 kWh/(m<sup>2</sup>a)

### Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO <sub>2</sub> /kWh	Emissionen kg/a	kg/(m <sup>2</sup> a)
Nah-/Fernwärme HW, f	309.483	400	123.793	
Nah-/Fernwärme HW, f	53.027	400	21.211	
Strom-Mix	7.348	560	4.115	
Strom-Mix	10.853	560	6.078	
Strom-Mix	43.811	560	24.534	
Strom aus PV	-	423	-12.168	
424.522			167.563	37,7

Emissionsfaktoren nach GEG 2020, Anlage 9, Endenergiebedarf heizwertbezogen  
Gutschrift für PV-Strom = - 179731,2 / 424522,0 \* 28741 = -12.168 kWh/a (GEG A9, Abs.1g)

#### 14.3 Endenergiebedarf nach Zonen

siehe Abschnitt Zone		RLT 9	Beleucht. 10	Klima 11	Warmwasser 12	Heizung 13	Summe
	m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup> a					
1 Büro	394	-	6,1	-	-	75,5	81,6
2 Verkehrsflächen	754	-	0,8	0,3	-	73,1	74,2
3 Technik	1.307	-	0,6	0,0	-	63,4	64,0
4 Sanitär	100	-	7,6	1,6	50,3	60,2	119,6
5 Aufenthalt	135	-	8,1	1,9	-	52,8	62,8
6 Logistik	1.150	-	0,9	0,2	38,2	55,1	94,4
7 Labor	243	-	10,9	19,8	12,7	181,0	224,5
8 Herstellungsab	76	-	10,2	20,2	12,7	178,7	221,9
9 Lager	225	-	0,6	0,1	-	30,2	30,9
10 Besprechung	58	-	10,3	2,2	-	15,6	28,1
Gebäude	4.442	-	2,4	1,7	11,9	69,7	85,7

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 <sup>2</sup> a	Beleucht. kWh/m <sup>2</sup> a	Klima kWh/m <sup>2</sup> a	Warmwasser kWh/m <sup>2</sup> a	Heizung kWh/m <sup>2</sup> a	Summe kWh/m <sup>2</sup> a
Nutzenergiebedarf	9,4	2,4	16,8	7,0	59,5	95,1
Endenergiebedarf	9,4	2,4	2,0	12,0	69,8	95,6
Primärenergiebedarf	16,9	4,4	3,5	3,7	21,1	49,6

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

## 15.0 Nachweise

für ein neu errichtetes Gebäude  
Referenzberechnung = "211125-EG40-Berechnung-Referenz2020"

### 15.1 Nachweis der thermischen Hülle

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

### 15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 18  
zul  $q_{P,REF} = 112,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , aus der Referenzberechnung  
zul  $q_P = 112,8 - 25\% = 84,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , geforderte Unterschreitung nach GEG §18  
vorh  $q_P = 168.642 / 4441,6 = 38,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

vorh  $q_P = 38,0 \leq 84,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , **Grenzwert wird eingehalten**

### 15.3 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

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

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

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

Nachweis für privat genutzte Gebäude

Wärme- und Kälteenergiebedarf = 369859 + 0 + 10410 + 0 = 380.269 kWh/Jahr (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen  
genutzte Fernwärme zu 50% aus erneuerbarer Energie

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil		Nutzungs- anteil
		erzielt	gefordert	
Umweltenergie [Kälte-2]	17.759	4,7 %	50,0 %	9,4 %
Fernwärme [Heizwärme] [War	362.510	47,7 %	50,0 %	95,4 %
PV-Strom [PV-Strom]	28.741	7,6 %	15,0 %	50,7 %
				155,5 %

**Maßnahmen zur Einsparung von Energie**

Nachweis über die kleinste U-Wert-Unterschreitung nach Abs. 2.3, ohne Nachweis der QP-Unterschreitung

	Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs- anteil	
			erzielt	gefordert		
U-Werte	W/(m <sup>2</sup> K)	2,50	1,60	36,0 %	15,0 %	240,0 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe = 395,5 % ≥ Nutzungspflichtanteil = 100 %

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

## 20.0 Bundesförderprogramme (BEG)

Bundesförderprogramme für den Neubau von Nichtwohngebäuden

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

Referenzberechnung = "211125-EG40-Berechnung-Referenz2020"

Endenergieeinsparung -36.153 kWh/a  
Primärenergieeinsparung 207.028 kWh/a  
CO2-Einsparung -76.182 kg/a

	Primärenergiebedarf Q <sub>p</sub> ´´ kWh/(m²a)	----- mittlere U-Werte -----					
		Opake	Fenster	Vorhf.	Oberl.		
	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(m²K)		
Referenzberechnung	100 %	112,8					
Zonen mit T <sub>i</sub> >= 19°C	34 %	38,0	0,15	0,90	0,90	1,60	
Effizienzgebäude 55	55 %	62,0	0,22	1,20	1,20	2,00	<b>OK</b>
Effizienzgebäude 40	40 %	45,1	0,18	1,00	1,00	1,60	<b>OK</b>
Zonen mit T <sub>i</sub> < 19°C	34 %	38,0	0,22			1,60	
Effizienzgebäude 55	55 %	62,0	0,28	1,50	1,50	2,50	<b>OK</b>
Effizienzgebäude 40	40 %	45,1	0,24	1,30	1,30	2,00	<b>OK</b>

### EE-Paket (Nutzung Erneuerbarer Energien)

vorhandene Nutzung erneuerbarer Energien im Gebäude durch die Prozesse: PV-Strom [PV-Strom]

EE<sub>genutzt</sub> = 52 kWh/Jahr (manuell)

EE<sub>Soll</sub> = 0,55 \* 380269 = 209.148 kWh/Jahr (55% des Wärmebedarfs)

EE<sub>genutzt</sub> < EE<sub>Soll</sub> (55%), die Anforderung für das EE-Paket wird nicht erfüllt

### NH-Paket (Nachhaltigkeitszertifikat)

Eine anerkannte Nachhaltigkeitszertifizierung nach BMI liegt nicht vor

Das Förderniveau **Effizienzgebäude 40** wird erreicht.

# Bescheinigung

über die energetische Bewertung der Fernwärme nach  
AGFW FW 309-1 für das Netz

## enercity Fernwärme



enercity AG  
Ihmeplatz 2  
30449 Hannover

Auf Basis von Planungsdaten wurde ein  
Primärenergiefaktor der Fernwärme von

$$f_{P,FW} = 0,15$$

ermittelt.

Die Bescheinigung ist gültig bis zum  
12.03.2025

Hamburg, 13.03.2018  
Ort, Datum

  
Dr. Daniel Schwier, AGFW-FW609-146