

05.06.2023  
B164704/16 Version 1

## **Neubau Schulcampus Deisenhofen**

**Nachweis des energiesparenden  
Wärmeschutzes und der energiesparen-  
den Anlagentechnik nach dem  
Gebäudeenergiegesetz (GEG)**

**- Mehrzweckhalle -**

**Bericht Nr. B164704/16**

Auftraggeber:

Bearbeitet von:

Berichtsumfang:

111 Seiten insgesamt, davon  
22 Seiten Textteil  
2 Seiten Anhang A  
16 Seiten Anhang B  
33 Seiten Anhang C  
32 Seiten Anhang D  
6 Seiten Anhang E

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Angaben zum Objekt</b>	<b>5</b>
3.1	Bauliche Situation	5
3.2	Definition der thermischen Gebäudehülle	6
3.3	Gebäudekenndaten	8
<b>4</b>	<b>Anforderungen Wärmeschutz</b>	<b>8</b>
4.1	Anforderungen nach Gebäudeenergiegesetz (GEG)	8
<b>5</b>	<b>Berechnungsgrundlagen zum Nachweis nach GEG</b>	<b>11</b>
5.1	Angaben zur wärmeschutztechnischen Qualität der Außenbauteile	11
5.2	Zonierung des Gebäudes	11
5.3	Bauphysikalische Berechnungsgrundlagen	13
5.4	Haustechnisches Planungskonzept	13
<b>6</b>	<b>Nachweise</b>	<b>17</b>
6.1	Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2	17
6.2	Nachweis nach Gebäudeenergiegesetz (GEG)	17

Anhang A	Bauteilzuordnung	
Anhang B	Bauteilaufbauten	
Anhang C	Bilanzierung nach DIN V 18599	
Anhang D	Bilanzierung Referenzgebäude nach DIN V 18599	
Anhang E	Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02	

## 1 Vorbemerkungen

Der [REDACTED] plant den Neubau des Schulcampus Deisenhofen an der Schulstraße bzw. Sauerlacher Straße in Oberhaching. Die Objektplanung wird durch [REDACTED] erbracht.

Der neue Campus besteht aus einer Realschule, einer Fachoberschule, einer Dreifachsporthalle bzw. Mehrzweckhalle sowie einem Mensagebäude mit Büroflächen. Zur Unterbringung der notwendigen Stellplätze ist eine Tiefgarage vorgesehen.

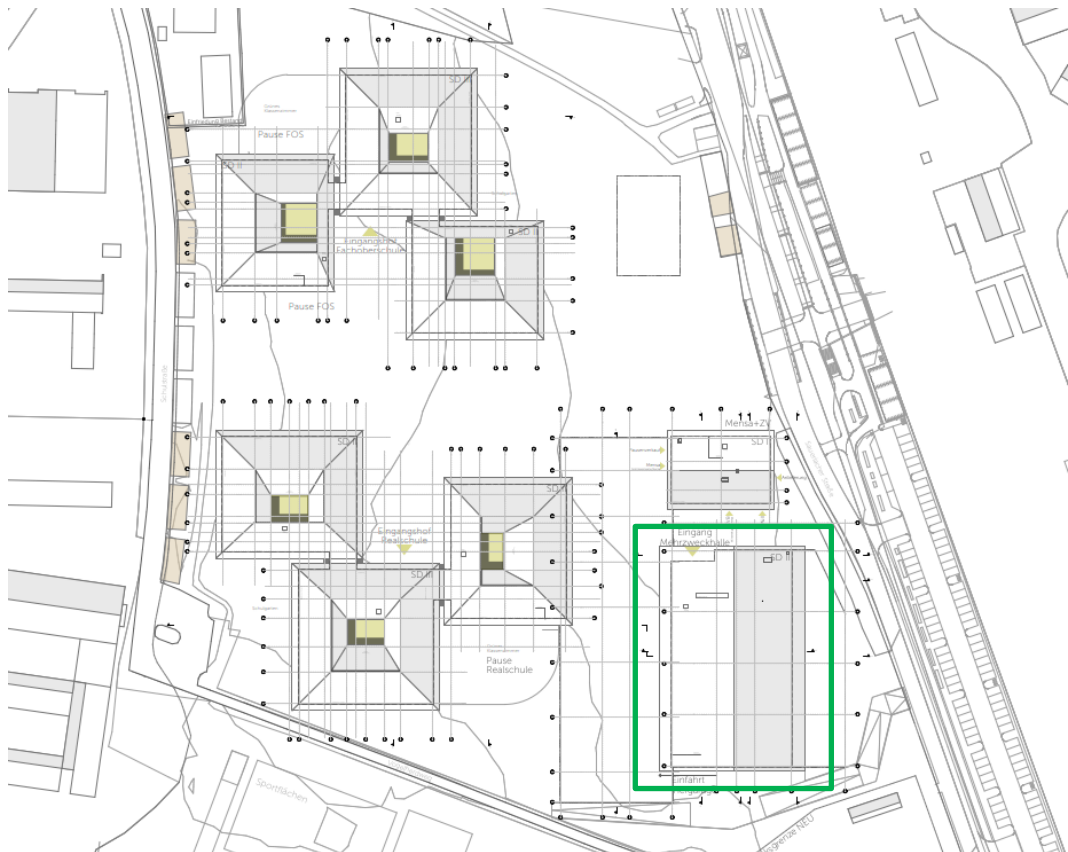


Abbildung 1. Ausschnitt aus dem genordneten Lageplan, Mehrzweckhalle grün markiert.

Im vorliegenden Bericht wird für die Mehrzweckhalle der Nachweis zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden gemäß dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) [8] geführt.

Das neu zu errichtende Nichtwohngebäude wird als Niedrigstenergiegebäude gemäß GEG § 10 nachgewiesen. Hierzu werden die standardisierten Berechnungsansätze des öffentlich-rechtlichen Nachweisverfahrens sowie die in DIN V 18599 angegebenen pauschalen Berechnungsansätze zugrunde gelegt.

## 2 Grundlagen

- [1] Grundrisse und Schnitte, Stand 24.02.2023 und Ansichten, Stand 28.02.2023, hirner & riehl architekten
- [2] Angaben zur geplanten gebäudetechnischen Ausstattung (HLSK), per E-Mail erhalten von Herrn Lohs, Ingenieurbüro Hausladen, 26.04.2023
- [3] Angaben zur geplanten gebäudetechnischen Ausstattung (ELT), per E-Mail erhalten von Herrn Haase, Ingenieurbüro Knab, 15.03.2022
- [4] Grundrisse und Schemata zur geplanten gebäudetechnischen Ausstattung (HLSK), per E-Mail erhalten von Herrn Lohs, Ingenieurbüro Hauslagen, 24.05.2023
- [5] Fernwärmezertifikat Oberhaching, [REDACTED]
- [6] [REDACTED] Bericht Nr. M164704/02 „Wärmeschutztechnischer Entwurf“, 22.04.2022
- [7] [REDACTED] Bericht Nr. B164704/07 „Wärmeschutztechnischer Entwurf, Aktualisierung zur LPH 3“, 05.12.2022
- [8] Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG) in der Fassung vom 08.08.2020, zuletzt geändert am 20.07.2022 (GEG 2023)
- [9] Mitgeltende Normen zum GEG, insb. DIN V 18599: „Energetische Bewertung von Gebäuden“, Teile 1-11, Ausgabe 2018-09
- [10] DIN 4108-2 „Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“, Ausgabe 2013-02
- [11] DIN 4108-3: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung, Ausgabe 2018-10
- [12] Software Dämmwerk 2023, [REDACTED], Version 2023-03-16

### 3 Angaben zum Objekt

#### 3.1 Bauliche Situation

Die beiden Schulgebäude (Realschule und Fachoberschule) umfassen zusammen mit dem östlich angeordneten Mensagebäude die Campus-Promenade. Südöstlich schließt sich die Dreifachsporthalle bzw. Mehrzweckhalle an. Im UG ist eine Tiefgarage geplant. Die Mehrzweckhalle soll überwiegend in Stahlbetonmassivbauweise errichtet werden.

Zur Massenermittlung wurde ein 3D-Modell des Gebäudes erstellt, welches in der nachfolgenden Abbildung dargestellt ist.

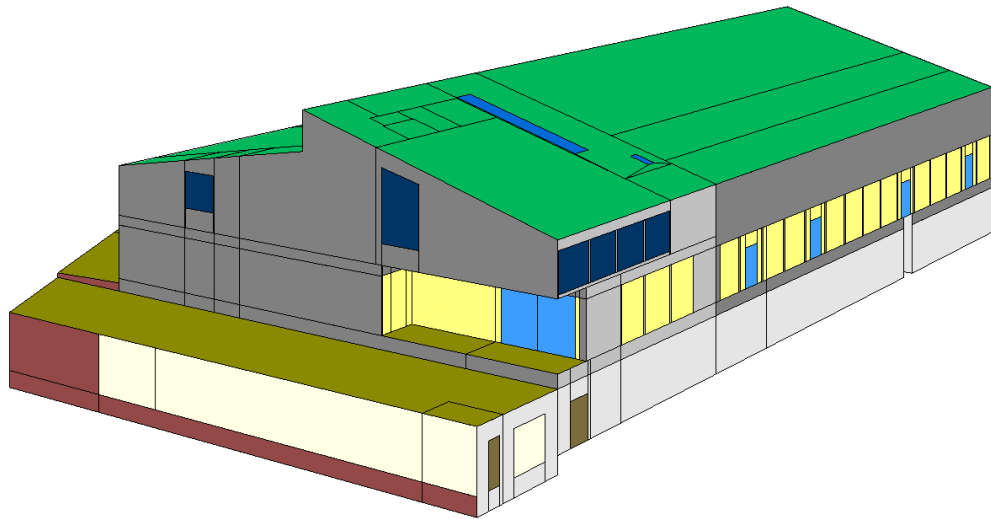
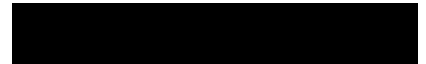


Abbildung 2. 3D-Modell der Mehrzweckhalle zur Massenermittlung.



### 3.2 Definition der thermischen Gebäudehülle

Zum Verlauf der thermischen Gebäudehülle wurden folgende Festlegungen getroffen:

Unter Berücksichtigung der geplanten Nutzungen werden sämtliche Gebäudebereiche mit Ausnahme der Tiefgarage, im Sinne des GEG als beheizte Bereiche angesehen. Dies gilt auch für Räume im UG, da ein Großteil der Nutzungen hier als hochwertig anzusehen ist.

Demnach bilden die folgenden Bauteile die thermische Gebäudehülle:

- Außenwände zur Außenluft oder zur Tiefgarage sowie zum Erdreich (UG)
- Steildach
- Fenster, Pfosten-Riegel-Fassade sowie Außentüren
- Bodenplatten

Die Wärmedämmebene ist konsequent entlang der Außenbauteile des Gebäudes vorzusehen.



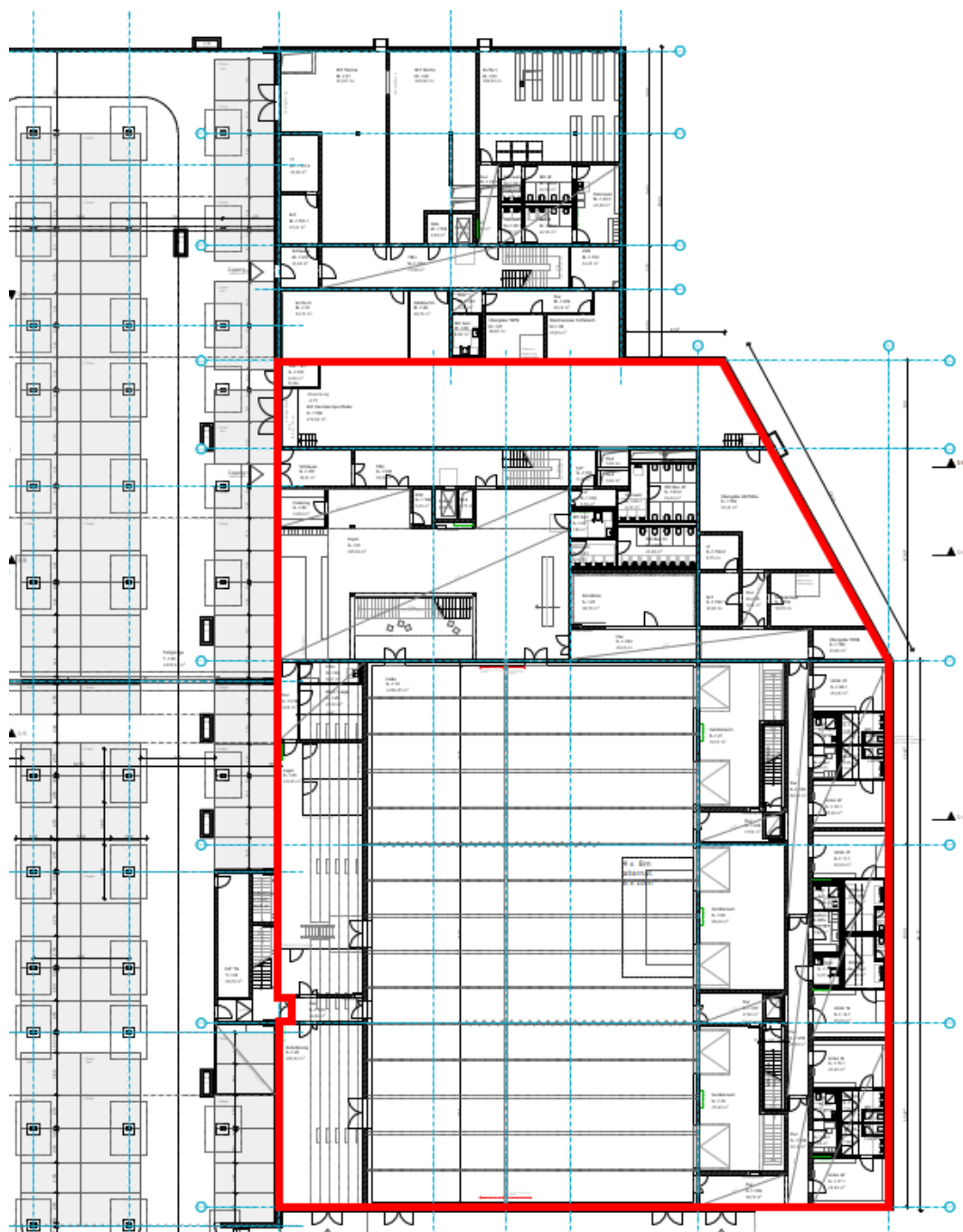
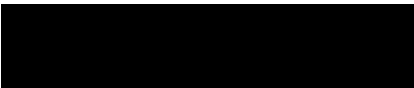


Abbildung 3. Thermischen Gebäudehülle der Mehrzweckhalle im Untergeschoss, rot markiert.



### 3.3 Gebäudekenndaten

Für das vorliegende Bauvorhaben wurden folgende relevante Bezugsgrößen ermittelt:

**Mehrzweckhalle**

- wärmeübertragende Umfassungsfläche	$A$	=	10.190 m <sup>2</sup>
- Bruttovolumen	$V_e$	=	37.973 m <sup>3</sup>
- Nettovolumen	$V$	=	33.100 m <sup>3</sup>
- Nettogrundfläche	$A_{NGF}$	=	4.691 m <sup>2</sup>
- $A/V_e$ -Verhältnis	$A/V_e$	=	0,27 m <sup>-1</sup>

## 4 Anforderungen Wärmeschutz

### 4.1 Anforderungen nach Gebäudeenergiegesetz (GEG)

#### 4.1.1 Anforderungen an den Mindestwärmeschutz

Nach dem Gebäudeenergiegesetz GEG § 11 Abs. 1 ist bei neu zu errichtenden Nichtwohngebäuden der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 in Verbindung mit DIN 4108-3 sicherzustellen. Demnach werden Mindestanforderungen an den Wärmeschutz von Bauteilen formuliert. Durch diese Anforderungen soll die Baukonstruktion dauerhaft vor Diffusionsfeuchteschäden im Bauteilinneren sowie auf der Bauteiloberfläche geschützt werden. Zusätzlich soll die Wärmeübertragung durch die Bauteile verringert sowie ein hygienisches Raumklima für den Nutzer geschaffen werden.

Ein Nachweis des Mindestwärmeschutzes ist erforderlich für Außenbauteile von Aufenthaltsräumen in Hochbauten, die auf eine Innentemperatur von  $\theta_i \geq 12\text{ °C}$  beheizt werden. Für diese Bauteile werden in DIN 4108-2 Mindestwerte für die Wärmedurchlasswiderstände festgelegt.

Außen liegende Fenster und Fenstertüren von beheizten Räumen sind mindestens mit Isolier- oder Doppelverglasung auszuführen.



#### 4.1.2 Jahres-Primärenergiebedarf und mittlere $\bar{U}$ -Werte

Im Sinne des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) sind die Gebäude als neu zu errichtende Nichtwohngebäude mit normalen bzw. niedrigen Innentemperaturen ( $\theta_i \geq 19^\circ\text{C}$  bzw.  $12^\circ\text{C} \leq \theta_i < 19^\circ\text{C}$ ) einzustufen.

Nach GEG § 18 werden an das Bauobjekt Anforderungen an den Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_P$  für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und eingebaute Beleuchtung gestellt. Der mit dem Faktor 0,55 multiplizierte Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung einschließlich der Anordnung der Nutzungseinheiten mit der in GEG Anlage 2 angegebenen technischen Ausführung, darf hierbei nicht überschritten werden.

Nach GEG § 19 müssen die zu errichtenden Nichtwohngebäude die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten  $\bar{U}$  der wärmeübertragenden Umfassungsfläche nach GEG Anlage 3 einhalten.

Die einzuhaltenden mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten lauten wie folgt:

Tabelle 1. Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche von Nichtwohngebäuden gemäß GEG, Anlage 3.

Nr.	Bauteil	Normal beheizte Zonen	Niedrig beheizte Zonen
		( $\theta \geq 19^\circ\text{C}$ ) $\bar{U}$ -Wert [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]	( $12^\circ\text{C} \leq \theta < 19^\circ\text{C}$ ) $\bar{U}$ -Wert [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]
1	Opake Außenbauteile	0,28	0,50
2	Transparente Außenbauteile	1,5	2,8
3	Vorhangsfassade	1,5	3,0
4	Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln	2,5	3,1

#### 4.1.3 Nutzung erneuerbarer Energien

Neu zu errichtende Gebäude müssen den Wärme- und Kälteenergiebedarf (Wärmebedarf zur Heizung und Warmwasserbereitung, Kältebedarf zur Kühlung) durch anteilige Nutzung von erneuerbaren Energien nach Maßgabe des GEG § 10 i. V. m. GEG § 34 ff. decken. Hierfür besteht eine ganze Reihe an Auswahlmöglichkeiten (Solarthermie, Biomasse, Geothermie).

Die Kombination einzelner Maßnahmen zur Erfüllung der geforderten Deckungsanteile ist grundsätzlich möglich.

Kommen keine erneuerbaren Energien zum Einsatz, können stattdessen Maßnahmen zur Einsparung von Energie umgesetzt werden. Demnach gelten die Anforderungen an die Nutzung erneuerbarer Energien auch als erfüllt, wenn die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten die zulässigen Höchstwerte nach GEG Anlage 3 um mindestens 15 % unterschreiten.

#### 4.1.4 Anforderungen sommerlicher Wärmeschutz

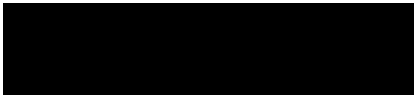
Nach dem Gebäudeenergiegesetz GEG § 14 Abs. 1 ist bei Neubauten von Nichtwohngebäuden der sommerliche Wärmeschutz nach DIN 4108-2 (standardisiertes Berechnungsverfahren) zu prüfen und einzuhalten.

In diesem Zusammenhang sind folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Durch die Anforderungen zum sommerlichen Wärmeschutz soll erreicht werden, dass in Aufenthaltsräumen während einer Folge heißer Sommertage die zumutbaren Raumtemperaturen nicht so oft überschritten werden und möglichst keine Kühlung/Anlagentechnik benötigt wird.
- Anhand des standardisierten Berechnungsverfahrens nach DIN 4108-2 können jedoch keine Aussagen zu den auftretenden Spitzenwerten der sommerlichen Raumtemperaturen sowie zu Häufigkeiten erhöhter Temperaturen getroffen werden. Derartige Aussagen sind ausschließlich anhand von thermischen Raumsimulationen zu ermitteln.
- Die Einhaltung der in DIN 4108-2 genannten Anforderungen sichert im Hinblick auf die sommerlichen Raumklimabedingungen nur einen Mindeststandard. Zum Erreichen höherwertiger sommerlicher Klimaverhältnisse werden neben regelbaren, außen liegenden Sonnenschutzmaßnahmen häufig auch anlagentechnische Maßnahmen notwendig.

#### 4.1.5 Anforderungen Luftdichtheit

Die wärmeübertragende Umfassungsfläche des Gebäudes ist im Sinne des GEG § 13 entsprechend den anerkannten Regeln der Technik ausreichend luftdicht auszubilden. Gleichzeitig muss der zum Zwecke der Gesundheit erforderliche Mindestluftwechsel sichergestellt werden.



## 5 Berechnungsgrundlagen zum Nachweis nach GEG

### 5.1 Angaben zur wärmeschutztechnischen Qualität der Außenbauteile

Die Bauteilaufbauten der Bauteile der thermischen Gebäudehüllen und die Berechnungen der Wärmedurchgangskoeffizienten sind dem Anhang B zu diesem Bericht zu entnehmen.

Die dort beschriebenen Bauteilaufbauten geben zum großen Teil nur die wärmeschutztechnisch relevanten Schichten wieder und sind daher keinesfalls als vollständige Konstruktionsbeschreibung im Sinne eines fachübergreifenden Bauteilkatalogs anzusehen.

### 5.2 Zonierung des Gebäudes

Gemäß Gebäudeenergiegesetz § 21 sind Gebäude nach den Maßgaben der DIN V 18599:2018-09 in sogenannte Nutzungszonen zu unterteilen.

Durch die Zonierung wird dem Umstand Rechnung getragen, dass sich aufgrund z. B. unterschiedlicher Nutzungszeiten oder unterschiedlicher Nutzungsrandbedingungen der Energieverbrauch der verschiedenen Zonen unterscheiden kann. Beim vorliegenden Bauvorhaben sind folgende Nutzungszonen vorhanden:

Tabelle 2. Gegenüberstellung der Nutzungszonen des Gebäudes und der Nutzungsprofile gemäß DIN V 18599.

Zonen des geplanten Gebäudes			Nutzungsprofil nach DIN V 18599	
	1	Sanitärräume	16	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden
	2	Umkleiden, Kopierraum	18	Nebenflächen ohne Aufenthalt
	3	Flure und TRH	19	Verkehrsflächen
	4	ELT-Räume	20	Lager, Technik, Archiv (niedrig bhzt.)
	5	Lager, Archiv	20	Lager, Technik, Archiv (niedrig bhzt.)
	6	Technik	20	Lager, Technik, Archiv (niedrig bhzt.)
	7	Halle	31	Turnhalle
	8	Gymnastikräume, Kondition	35	Fitnessraum

S:\B\Proj\164\B164704\B164704\_16\_BER\_1D.DOCX:05.06.2023



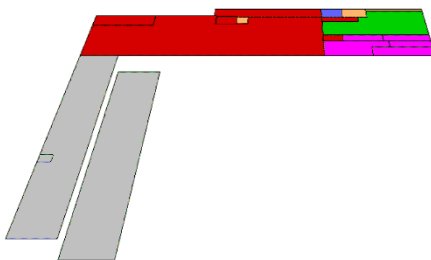
Für die niedrig beheizten Zonen (4 – 6) wurden die Innentemperaturen gemäß DIN V 18599-10 Tabelle 5 auf  $\theta_{a,soll} = 17\text{ °C}$  festgesetzt.

In der nachfolgenden Abbildung ist die Zonierung des Gebäudes dargestellt.

1.OG



EG



UG

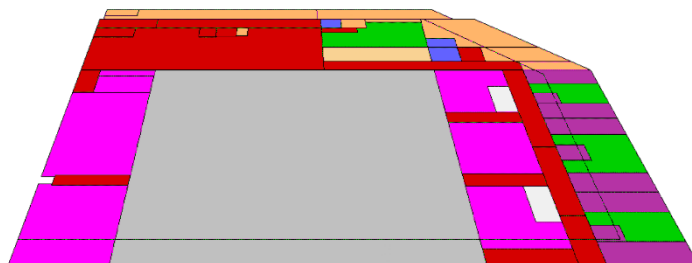
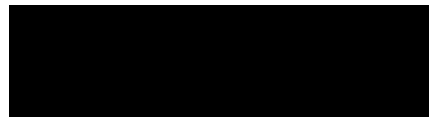


Abbildung 4. Zonenaufteilung der Mehrzweckhalle im Modell.



### 5.3 Bauphysikalische Berechnungsgrundlagen

Für die Gebäudeberechnungen wurden nachfolgend aufgelistete bauphysikalische Randbedingungen angesetzt. Diese sind zur Erfüllung der Nachweise einzuhalten.

- **Wärmebrücken**

Die konstruktiv bedingten Wärmebrücken werden in den Berechnungen zum GEG mit dem pauschalen Ansatz nach GEG § 24 in Verbindung mit DIN V 18599-2 von  $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  berücksichtigt. Im Bereich von Wärmebrücken sind demnach die Planungsbeispiele nach DIN 4108 Beiblatt 2 nicht zwingend zu berücksichtigen.

- **Ausnutzungsgrad für Wärmequellen**

Standardwert für wirksame Wärmespeicherfähigkeit von Gebäuden mit  $C_{\text{wirk}} = 50 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

- **Dichtheit des Gebäudes (Nettoraumvolumen > 1.500 m³)**

Zur Bestimmung der energetischen Qualität des Gebäudes wird die Dichtheit der Gebäudehülle nach DIN V 18599-2, Tabelle 7 in die Kategorie II eingestuft und entsprechend eine hüllflächenbezogene Luftdurchlässigkeit von  $q_{50} = 6,0 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  berücksichtigt. Eine Messung der Luftdichtheit nach Fertigstellung ist somit nach GEG nicht zwingend notwendig.

- **Sonnenschutz**

Für die Verglasungen der Fenster wurden Sonnenschutzverglasungen mit einem Gesamtenergiedurchlassgrad von  $g \leq 40 \%$  in der Bilanzierung angesetzt.

Die öst- und westlichen Fenster der Sporthalle und der beiden Gymnastikräume erhalten außenliegende Vertikalkmarkisen mit einem solaren Abminderungsfaktor  $F_c \leq 0,3^A$ . Für die restlichen Fenster des Bauvorhabens wurden keine Sonnenschutzmaßnahmen berücksichtigt.

### 5.4 Haustechnisches Planungskonzept

Im Rahmen der vorliegenden Berechnungen zum Nachweis nach GEG wurde folgende Anlagentechnik angesetzt, die mit dem [REDACTED] [2] und dem [REDACTED] [3] abgestimmt wurde. Nachfolgend werden die wichtigsten haustechnischen Angaben zusammenfassend dargestellt. Detaillierte Angaben sind dem Anhang C des vorliegenden Berichts zu entnehmen.

---

<sup>A</sup> In den Bilanzierungen wurde ein strahlungsgesteuerter außenliegender Sonnenschutz mit einem vergleichbaren  $g_{\text{tot}}$  gemäß DIN V 18599-02 Tabelle 8 ausgewählt.

### 5.4.1 Heizungsanlage

In den Berechnungen nach DIN V 18599 wird folgende Wärmeversorgung berücksichtigt:

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| - Heizungsanlage         | Zentralheizung   |
| - Wärmeübergabe          | siehe unten  |
| - Verteilleitungen       | Zweirohrnetz, hydraulisch abgeglichen, gedämmten Verteilleitungen                    |
| - Pumpen                 | Pumpenregelung $\Delta p$ variabel   |
| - Heizungspufferspeicher | kein Speicher  |
| - Wärmeerzeugung         | Fernwärme der Gemeindewerke Oberhaching GmbH<br>Primärenergiefaktor $f_p = 0,32$ [5] |

Eine Nacht- und Wochenendabsenkung der Heizungsanlage wurde in der Bilanzierung berücksichtigt (Vorgabe GEG § 25 „Berechnungsrandbedingungen“).

#### **Wärmeübergabe über Flächenheizung (Fußbodenheizung)**

- |                 |   |
|-----------------|---|
| - Zonen         | alle Zonen  |
| - Wärmeübergabe | Fußbodenheizung, Regelung über PI-Regler, Systemtemperaturen 34/30 °C (Ausnahme: Zone 7: Systemtemperaturen 40/30 °C) |

### 5.4.2 Warmwasserversorgung

Die wesentlichen technischen Eigenschaften des Warmwassernetzes lassen sich wie folgt beschreiben:

#### **Zentrales System**

- |                  |   |
|------------------|---|
| - Zone           | 1 <sup>B</sup>  |
| - Bezugsfläche   | Nettogrundfläche der Zonen 7 (Halle)  |
| - Anlage         | zentrale Warmwasserversorgung   |
| - Verteilung     | Zirkulationspumpe geregelt, elektrische Leistung unbekannt, Auslegung bedarfsorientiert, gedämmte innenliegende Leitungen |
| - Speicher       | nicht vorhanden   |
| - Wärmeerzeugung | wie Heizwärmeerzeugung  |

---

<sup>B</sup> Der Warmwasserbedarf für Produktionsprozesse, z. B. der Küche, darf in der Bilanzierung nicht berücksichtigt werden.

### 5.4.3 Beleuchtung

Folgende maßgeblichen Beleuchtungssysteme sind geplant:

- Lampentyp LED-Leuchten
- Beleuchtungsart direkt in allen Zonen
- Regelung der Beleuchtung mit Präsenzmelder in allen Zonen  
mit Konstantlichtregelung in allen Zonen  
tageslichtabhängiges Kontrollsystem  
(ausschaltend und nicht wiedereinschaltend)  
in allen Zonen

### 5.4.4 RLT-Anlagen

Die Klimatisierung bzw. Belüftung der einzelnen Zonen erfolgt über eine RLT-Anlage mit den nachfolgend beschriebenen Anlagenkonfigurationen. Die für den GEG-Nachweis maßgeblichen Kenndaten und Eigenschaften der RLT-Anlage und die mit der jeweiligen Anlage versorgten Bereiche, können wie folgt beschrieben werden:

#### ***Zu- und Abluftanlage, balanciert***

- Zonen<sup>C</sup> 1, 2, 4, 5, 7, 8
- Regelung Zone 1, 2, 7, 8: zeit-/nutzungsabhängig  
Zone 4, 5: konstant
- Luftherhitzung Zone 1, 7, 8: Zulufttemperatur im Heizbetrieb 20 °C  
Zone 2: Zulufttemperatur im Heizbetrieb 22 °C  
Zone 4, 5: Zulufttemperatur im Heizbetrieb 15 °C
- Luftkühlung Zone 4, 7, 8: Zulufttemperatur im Kühlbetrieb 22 °C<sup>D</sup>
- Wärmerückgewinnung WRG ≥ 72 % (Kreislaufverbundsystem)
- Luftbefeuchtung ohne
- Ventilatorleistung in der Bilanzierung wurden für alle Zonen folgende spezifische Ventilatorstrombedarfe angesetzt:  
SFP II nach DIN EN 13779,  
Zuluft  $P_{SFP} = 0,75 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$   
Abluft  $P_{SFP} = 0,75 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$

<sup>C</sup> In der Zone 3 fällt gemäß DIN V 18599 kein Bedarf für die Lüftung an, somit wurde diese in der Bilanzierung nicht mit abgebildet.

<sup>D</sup> Zulufttemperatur im Kühlbetrieb ist gemäß DIN V 18599 maximal 22 °C.

#### 5.4.5 Klimakälte

Die wesentlichen Eigenschaften der Klimasysteme der klimatisierten Gebäudezonen können wie folgt beschrieben werden:

- |                        |  |
|------------------------|--|
| - Zonen <sup>E</sup>   | 4, 7, 8  |
| - RLT-Klimasystem      | Zonen 4, 7, 8: RLT-Kühlregister mit Kaltwasser 10/16 °C, Verteilungen innerhalb der thermischen Gebäudehülle   |
| - Raumklimasystem      | Zonen 8: Kaltwasser 10/16 °C   |
| - Sekundärventilatoren | nicht vorhanden  |
| - Kältespeicherung     | nicht vorhanden  |
| - Kälteverteilung      | vereinfachtes Verfahren nach DIN V 18599-7:2018, Abs. 6.5.3 für bedarfsgeführte Betriebsweise, Rohrnetz energetisch optimiert, optimale Auslegung, mit den Netzteilen Primärkreis, Hauptverteiler, RLT-Kühlung, Gebäudekühlung |
| - Kälteerzeugung       | luftgekühlte Kompressionskältemaschine, Trockenkühler, Kältemittel R134a <sup>F</sup> , Kaltwasseraustrittstemperatur 6 °C, Turboverdichter, variable Kühlwassermenge  |

#### 5.4.6 Photovoltaikanlage

Auf dem Dach der Mehrzweckhalle ist eine Photovoltaikanlage geplant, die Module sind ost- und westorientiert und ca. 8° (Ost) und 13° (West) geneigt. Es ist eine Modulfläche von ca. 947 m² (Ost) und 1052 m² (West) vorgesehen.

Aus den Berechnungen nach DIN V 18599 ergibt sich hierbei eine Jahres-Stromproduktion von 289.157 kWh/a gegenüber einem Strombedarf von 58.805 kWh/a. Nach GEG können davon zur Nachweisführung des Gebäudeenergiegesetzes 57.594 kWh/a angerechnet werden.

---

<sup>E</sup> Für die Zone 3 fällt gemäß DIN V 18599 kein Bedarf an und wurde somit in der Bilanzierung nicht abgebildet.

<sup>F</sup> Die Eingabe des Kältemittels R515B ist in der Bilanzierungssoftware nicht möglich, deswegen wurde das Kältemittel R134a/unbekannt ausgewählt.

## 6 Nachweise

### 6.1 Nachweis des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2

Die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 und DIN 4108-3 werden von allen Bauteilen in Anhang B eingehalten.

### 6.2 Nachweis nach Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der Nachweise nach GEG kurz erläutert. Die Berechnungen und Ergebnisse sind in ihrer Gesamtheit dem Anhang C (GEG) zu entnehmen.

#### 6.2.1 Jahres-Primärenergiebedarf $Q''_P$

Der maximal zulässige Wert des auf die Nettogrundfläche bezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs (Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes multipliziert mit dem Faktor 0,55) beträgt

$$Q''_{P,Zul} = 92,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}).$$

Für das geplante Gebäude ergibt sich ein vorhandener, auf die Nettogrundfläche bezogener Jahres-Primärenergiebedarf von

$$Q''_{P,Vorh.} = 38,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}).$$

Der Anforderungswert wird eingehalten und um rund 58 % unterschritten.

Die Berechnungen wurden unter Verwendung der Software Dämmwerk [12] durchgeführt.

## 6.2.2 Nachweis der Begrenzung der mittleren $\bar{U}$ -Werte

Die zulässigen Höchstwerte und die vorhandenen Wärmedurchgangskoeffizienten (Mittelwert der jeweiligen Bauteile) für die Hüllflächengruppen nach GEG Anlage 3 sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 3. Nachweis der Einhaltung der Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche von Nichtwohngebäuden gemäß GEG, Anlage 3 für die Mehrzweckhalle.

Bauteile	max. $\bar{U}$ – Wert (Grenzwert) [W/(m²K)]	vorh. $\bar{U}$ – Wert [W/(m²K)]	Bewertung Anforderung
Opake Bauteile ( $\theta \geq 19\text{ °C}$ )	0,28	0,18	eingehalten
Transparente Bauteile ( $\theta \geq 19\text{ °C}$ )	1,5	1,01	eingehalten
Vorhangfassaden ( $\theta \geq 19\text{ °C}$ )	1,5	n. v.	n. v.
Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln ( $\theta \geq 19\text{ °C}$ )	2,5	1,60	eingehalten
Opake Bauteile ( $\theta < 19\text{ °C}$ )	0,50	0,21	eingehalten
Transparente Bauteile ( $\theta < 19\text{ °C}$ )	2,8	1,0	eingehalten
Vorhangfassaden ( $\theta < 19\text{ °C}$ )	3,0	n. v.	n. v.
Glasdächer, Lichtbänder, Lichtkuppeln ( $\theta < 19\text{ °C}$ )	3,1	n. v.	n. v.

Die zulässigen Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten werden von den geplanten Bauteilen eingehalten. Die kleinste Grenzwertunterschreitung beträgt rund 32 %.

Die Berechnungen wurden unter Verwendung der Software Dämmwerk [12] durchgeführt.

## 6.2.3 Nachweis der Nutzung erneuerbarer Energien

Die Anforderungen an die Nutzung erneuerbarer Energien werden durch die Nutzung von Umweltenergie und durch die Unterschreitung der Anforderungen an die energetische Qualität der Gebäudehülle nach GEG erfüllt.

In Summe ergibt sich ein Nutzungsanteil von 463,0 %. Die Anforderungen an die Nutzung erneuerbarer Energien werden eingehalten.

#### 6.2.4 Nachweis sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2

Im Rahmen des GEG-Nachweises ist der sommerliche Wärmeschutz zu prüfen. Dies erfolgt raumweise für exemplarische, im Hinblick auf den sommerlichen Wärmeschutz kritische Räume (z. B. Räume mit hohem Fensterflächenanteil bezogen auf die Raumgrundfläche, z. B. Räume mit west-, süd- und/oder ostorientierten Fenstern).

Beim vorliegenden Bauvorhaben wurde exemplarisch für die folgenden drei kritischen Aufenthaltsräume der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach DIN 4108-2 [10] geführt. Dabei werden die vorhandenen Sonneneintragskennwerte  $S_{den}$  nach DIN 4108-2 maximal zulässigen Sonneneintragskennwerten  $S_{zul}$  gegenübergestellt.

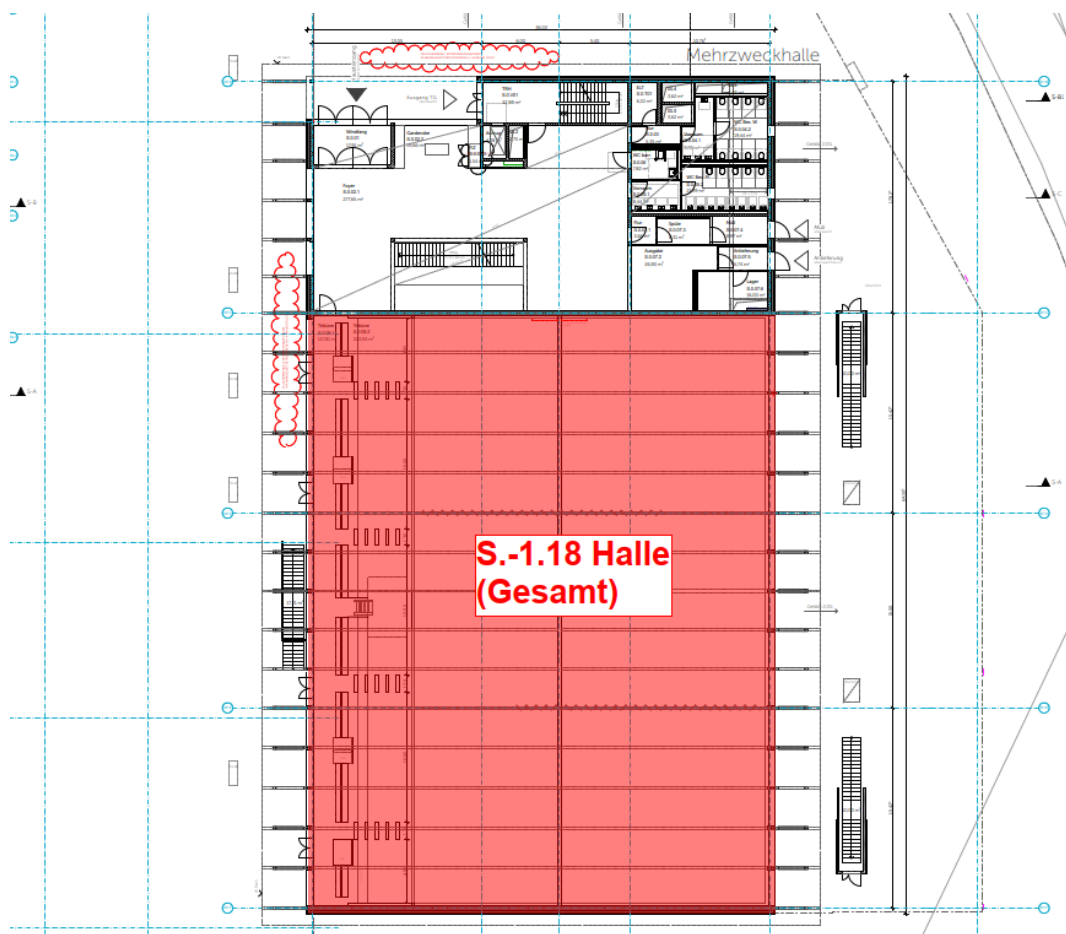


Abbildung 5. Untersuchte Mehrzweckhalle mit offenen Trennvorhängen (rot markiert).

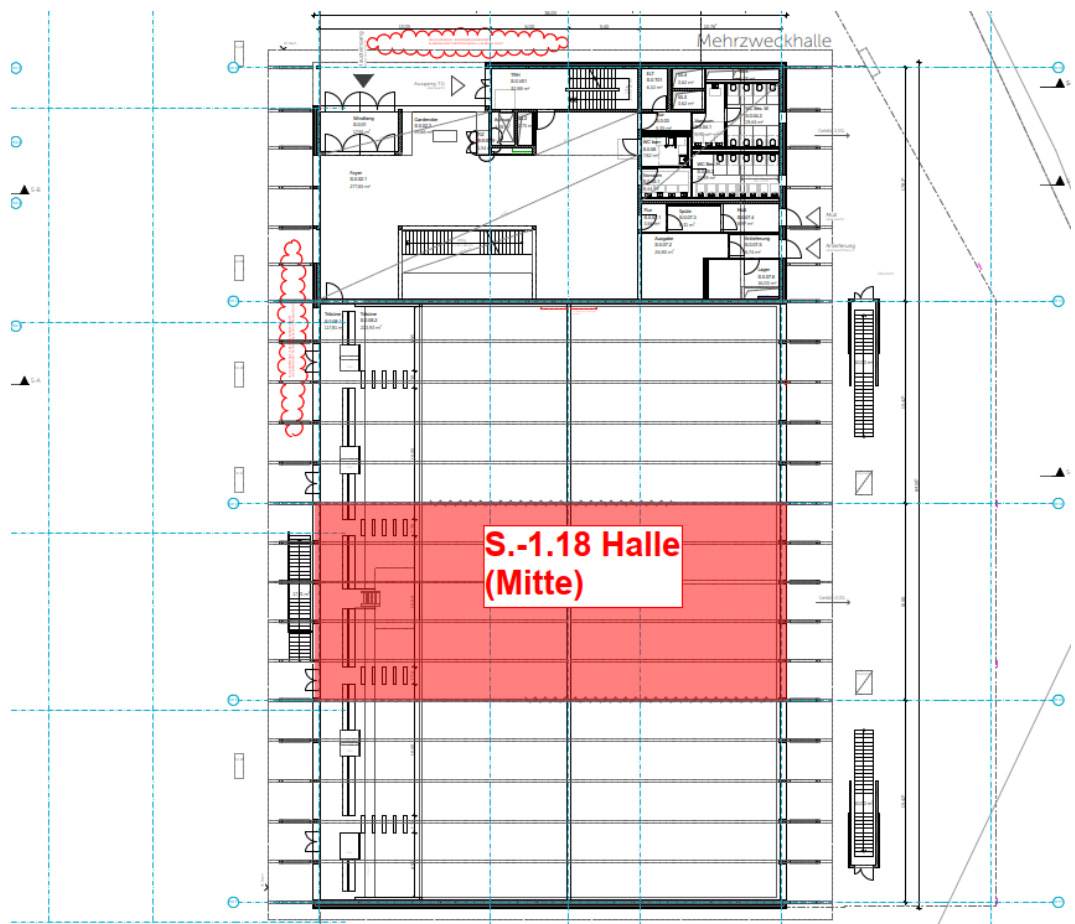


Abbildung 6. Untersuchte Mehrzweckhalle mit geschlossenen Trennvorhängen (rot markiert).

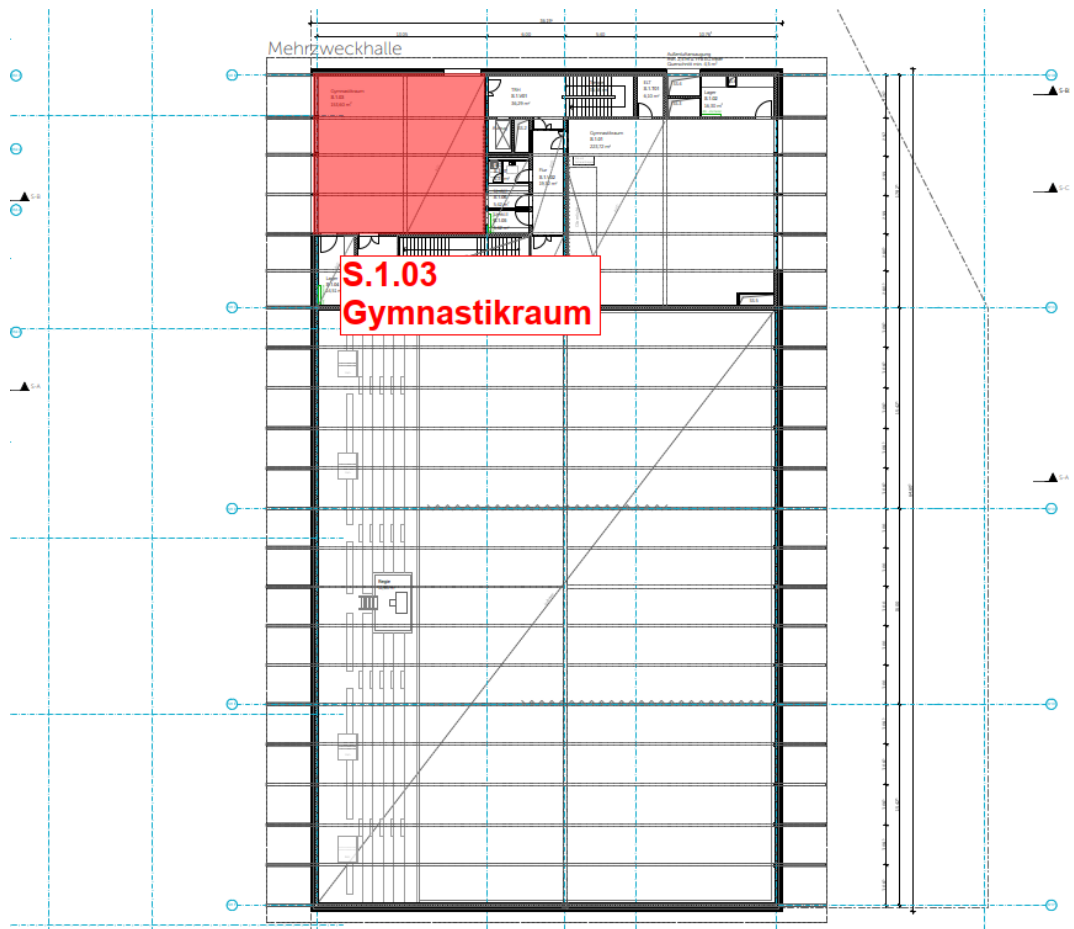


Abbildung 7. Untersucher Gymnastikraum im 1. OG (rot markiert).

Bei den Berechnungen wurden folgende Randbedingungen berücksichtigt:

- Das geplante Gebäude wird unter Berücksichtigung des Standortes Deisenhofen in einer gemäßigten Klimaregion erstellt (Klimaregion B nach DIN 4108-2).
- Verglasung mit einem Gesamtenergiedurchlassgrad von  $g \leq 40 \%$ .
- Keine passive Kühlung.
- Sonnenschutz:
  1. Halle: Vertikale Markisen an den östlichen und westlichen Fenstern (in Verbindung mit einer 3-fach Verglasung nach DIN 4108-2 mit einem solaren Abminderungsfaktor  $F_c \leq 0,30$ ). Die transparenten Türen sowie die Fenster im Dachversprung erhalten keinen Sonnenschutz.
  2. Gymnastikraum: Vertikale Markisen an den westlichen Fenstern (in Verbindung mit einer 3-fach Verglasung nach DIN 4108-2 mit einem solaren Abminderungsfaktor  $F_c \leq 0,30$ ). Das nordorientierte Fenster erhält keinen Sonnenschutz.

- mittlere Bauart mit einer Wärmespeicherfähigkeit von  $50 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2) \leq C_{\text{Wirk}}/A_G \leq 130 \text{ Wh}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$ .
- Erhöhte Nachtlüftung (nach DIN 4108-2 mit einer Luftwechselrate von  $n \geq 2,0 \text{ h}^{-1}$ ) im Gymnastikraum angesetzt.
- Keine Nachtlüftung in der Mehrzweckhalle angesetzt.

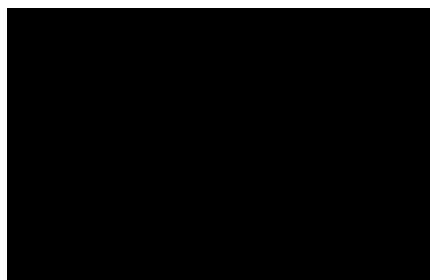
Die Berechnungsergebnisse nach DIN 4108-2 zur Überprüfung des sommerlichen Wärmeschutzes für das vorliegende Bauvorhaben sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 4. Sommerlicher Mindestwärmeschutz – vorhandene und zulässige Sonneneintragskennwerte für exemplarisch überprüfte Räume.

Raum	Maximaler Sonneneintrags- kennwert - $S_{\text{zul}}$ -	Vorhandener Sonneneintrags- kennwert - $S$ -	Bewertung
S.-1.18 Halle (Gesamt)	0,117	0,043	Anforderung erfüllt
S.-1.18 Halle (Mitte)	0,118	0,041	Anforderung erfüllt
S.1.03 Gymnastikraum	0,141	0,054	Anforderung erfüllt

Die drei untersuchten Räume halten mit den o. g. Randbedingungen die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2 ein. Die genannten Maßnahmen können auf die sonstigen Aufenthaltsräume analog übertragen werden.

Die Berechnungsblätter sind im Anhang E des vorliegenden Berichtes beigelegt.



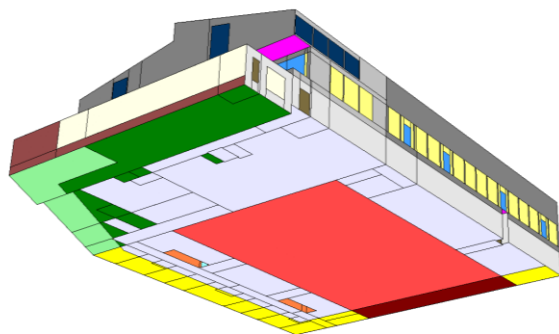
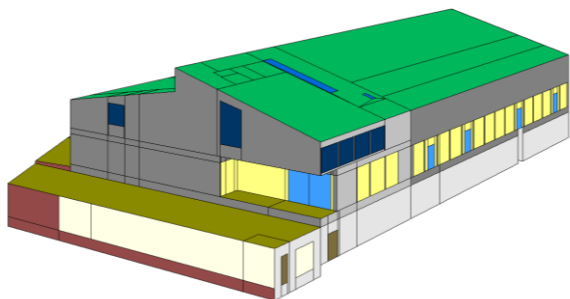
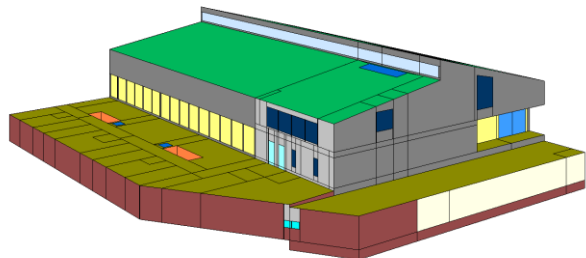
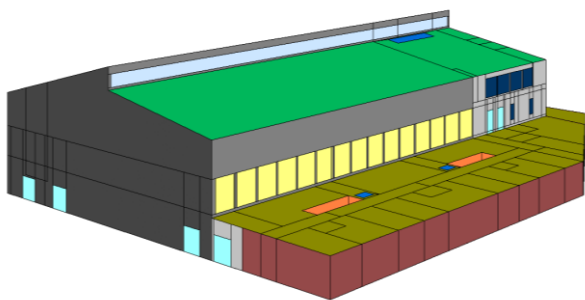
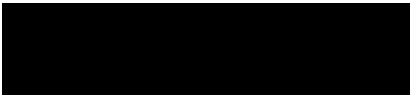


## **Anhang A**

### **Bauteilzuordnung**

S:\B\Proj\164\B164704\B164704\_16\_BER\_1D.DOCX:05.06.2023










#### AUßENWÄNDE

	AW04
	AW05
	AW06
	AW07
	GW01

#### TRENNWÄNDE

	TW01
---	------

#### FENSTER / OBERLICHTER

	FE01
	FE02
	FE03
	FE04
	DOB01


#### DECKEN

	DE03
---	------

#### BODENPLATTE

	GB01
	GB01r
	GB02
	GB02r
	GB03
	GB03r

#### DACH

	DA01
	DA02

#### TÜREN

	T01
	T02
	T03





## **Anhang B**

### **Bauteilaufbauten**

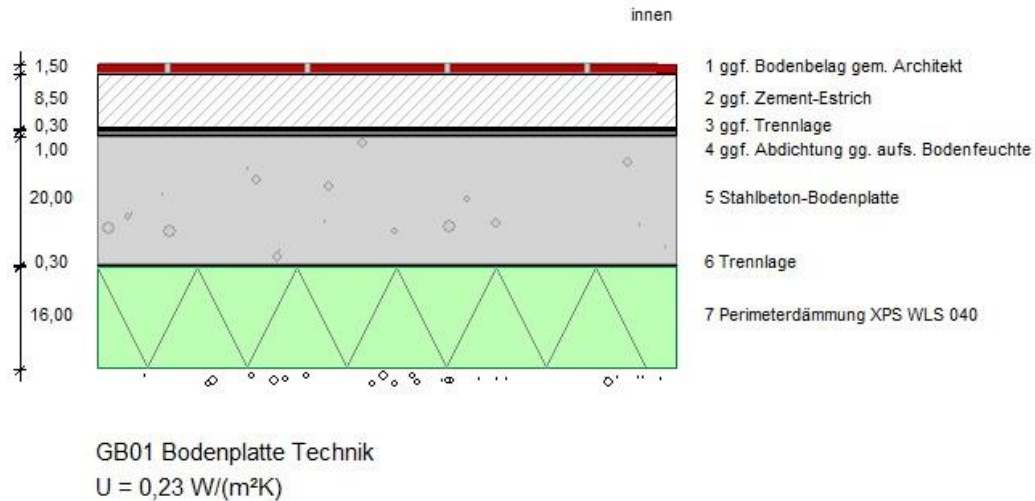
S:\B\Proj\164\B164704\B164704\_16\_BER\_1D.DOCX:05.06.2023



## Bauteilquerschnitte

Projekt Schulcampus Deisenhofen - Mehrzweckhalle

Bauteil: GB01 Bodenplatte Technik



### 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 <sub>si</sub>					0,170
01 ggf. Bodenbelag gem. Architekt	1,50	—	—	—	—
02 ggf. Zement-Estrich	8,50	—	—	—	—
03 ggf. Trennlage	0,30	—	—	—	—
04 ggf. Abdichtung gg. aufs. Bodenf	1,00	—	—	—	—
05 Stahlbeton-Bodenplatte	20,00	2300	460,0	2,300	0,087
06 Trennlage	0,30	—	—	—	—
07 Perimeterdämmung XPS WLS 040	16,00	25	4,0	0,040	4,000
R <sub>se</sub>					0,000
d =	47,60	G =	464,0	R <sub>T</sub> =	4,26

### Wärmedurchgangskoeffizient

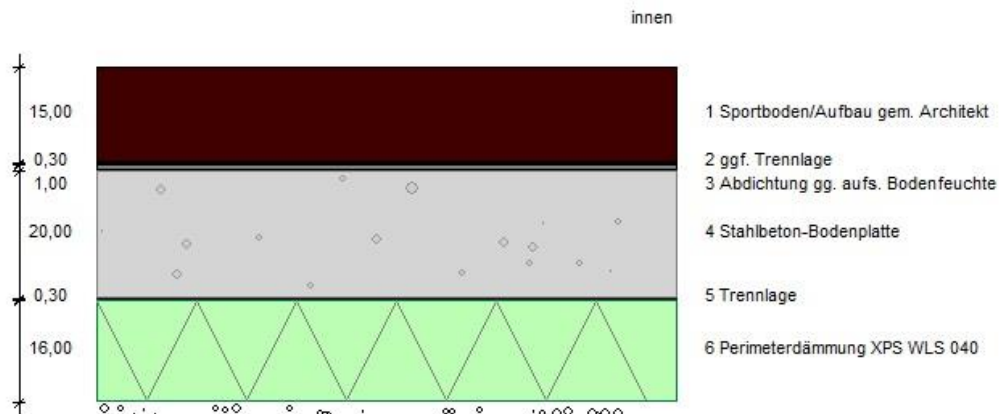
Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,235 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

R 4,09  $\geq$  0,90 m<sup>2</sup>K/W erfüllt die Anforderungen

## Bauteil: GB02 Bodenplatte Sporthalle



GB02 Bodenplatte Sporthalle  
 $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

### 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
$R_{si}$					0,170
01 Sportboden/Aufbau gem. Architekt	15,00	-	-	-	-
02 ggf. Trennlage	0,30	-	-	-	-
03 Abdichtung gg. aufs. Bodenfeuchte	1,00	-	-	-	-
04 Stahlbeton-Bodenplatte	20,00	2300	460,0	2,300	0,087
05 Trennlage	0,30	-	-	-	-
06 Perimeterdämmung XPS WLS 040	16,00	25	4,0	0,040	4,000
$R_{se}$					0,000
<hr/>					
	d = 52,60	G = 464,0		$R_T = 4,26$	

### Wärmedurchgangskoeffizient

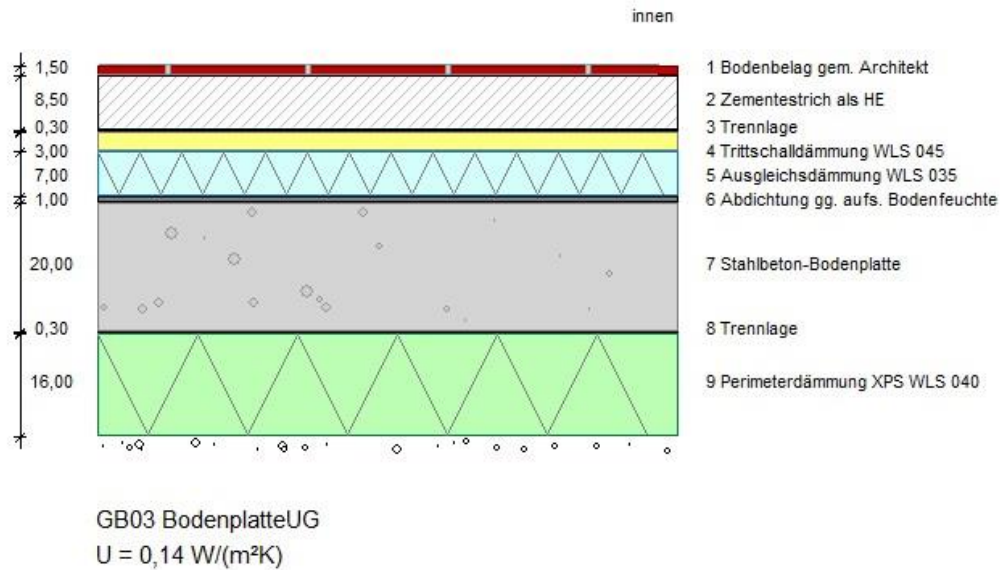
Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,235 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

R 4,09  $\geq$  0,90 m<sup>2</sup>K/W erfüllt die Anforderungen

## Bauteil: GB03 BodenplatteUG



### 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 <sub>si</sub>					0,170
01 Bodenbelag gem. Architekt	1,50	—	—	—	—
02 Zementestrich als HE	8,50	—	—	—	—
03 Trennlage	0,30	—	—	—	—
04 Trittschalldämmung WLS 045	3,00	20	0,6	0,045	0,667
05 Ausgleichsdämmung WLS 035	7,00	20	1,4	0,035	2,000
06 Abdichtung gg. aufs. Bodenfeuchte	1,00	—	—	—	—
07 Stahlbeton-Bodenplatte	20,00	2300	460,0	2,300	0,087
08 Trennlage	0,30	—	—	—	—
09 Perimeterdämmung XPS WLS 040	16,00	25	4,0	0,040	4,000
R <sub>se</sub>					0,000
d =	57,60	G =	466,0	R <sub>T</sub> =	6,92

### Wärmedurchgangskoeffizient

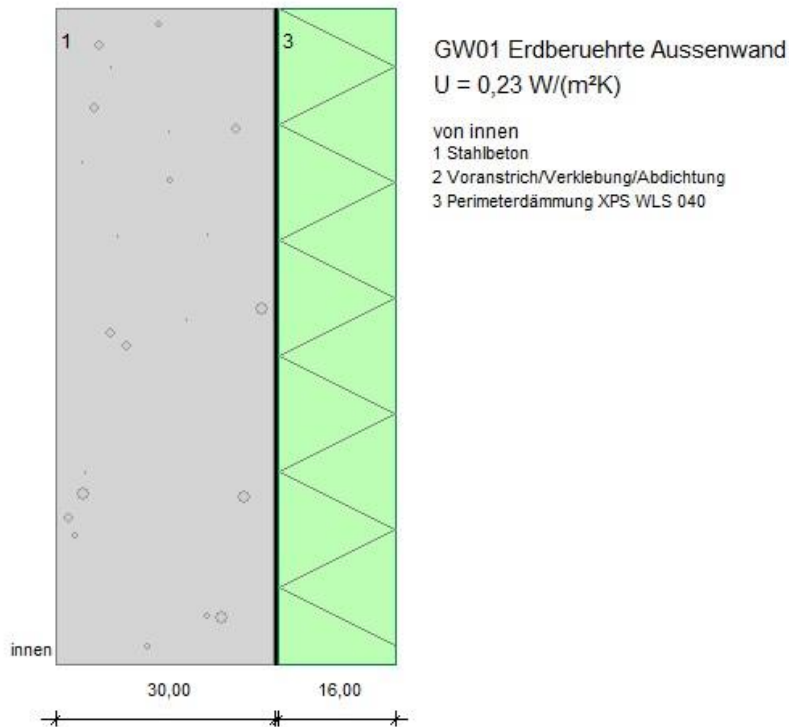
Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,144 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

R  $6,75 \geq 0,90 \text{ m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

## Bauteil: GW01 Erdberuehrte Aussenwand



### 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
$R_{si}$					0,130
01 Stahlbeton	30,00	2300	690,0	2,300	0,130
02 Voranstrich/Verklebung/Abdichtung	0,30	-	-	-	-
03 Perimeterdämmung XPS WLS 040	16,00	25	4,0	0,040	4,000
$R_{se}$					0,000
<hr/>					
	d = 46,30	G = 694,0		$R_T =$	4,26

### Wärmedurchgangskoeffizient

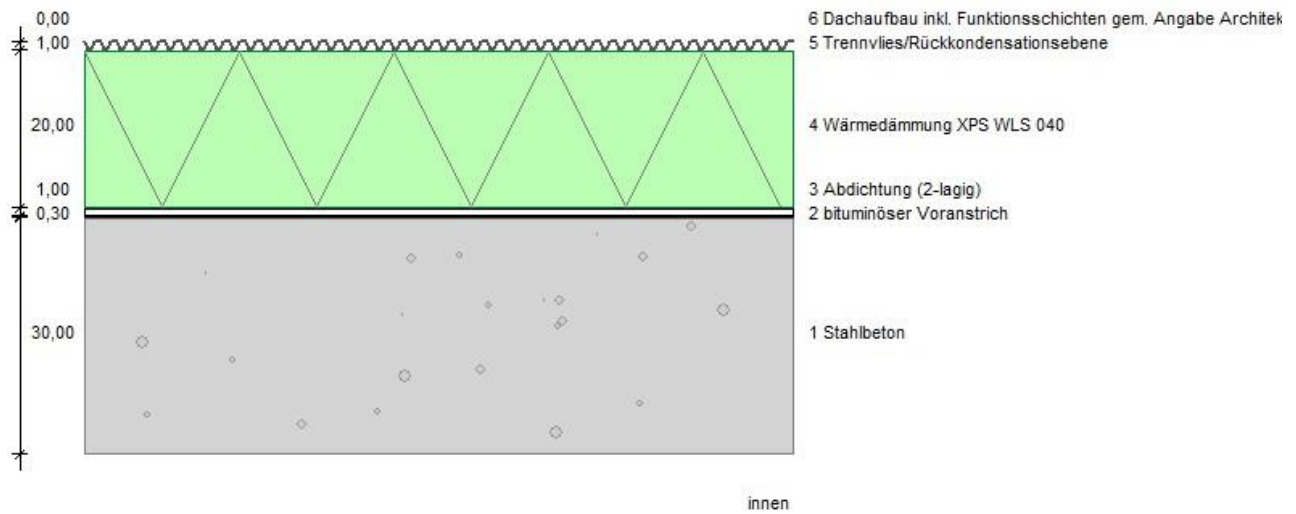
Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,235 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

R 4,13  $\geq$  1,20 m<sup>2</sup>K/W erfüllt die Anforderungen

## Bauteil: DA01 Dach ueber UG - Umkehrdach



DA01 Dach ueber UG - Umkehrdach  
 $U = 0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

### 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 <sub>si</sub>					0,100
01 Stahlbeton	30,00	2300	690,0	2,300	0,130
02 bituminöser Voranstrich	0,30	-	-	-	-
03 Abdichtung (2-lagig)	1,00	-	-	-	-
04 Wärmedämmung XPS WLS 040	20,00	25	5,0	0,040	5,000
05 Trennvlies/Rückkondensationseben	1,00	-	-	-	-
06 Dachaufbau inkl. Funktionsschich	-	-	-	-	-
R <sub>se</sub>					0,040
d =	52,30	G =	695,0	R <sub>T</sub> =	5,27

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,190 + 0,050 = 0,240 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,050 Zuschlag für UK-Dämmung nach DIN 4108-2:2013, Tab.4 (Schicht 3: 98% R<sub>g</sub>)

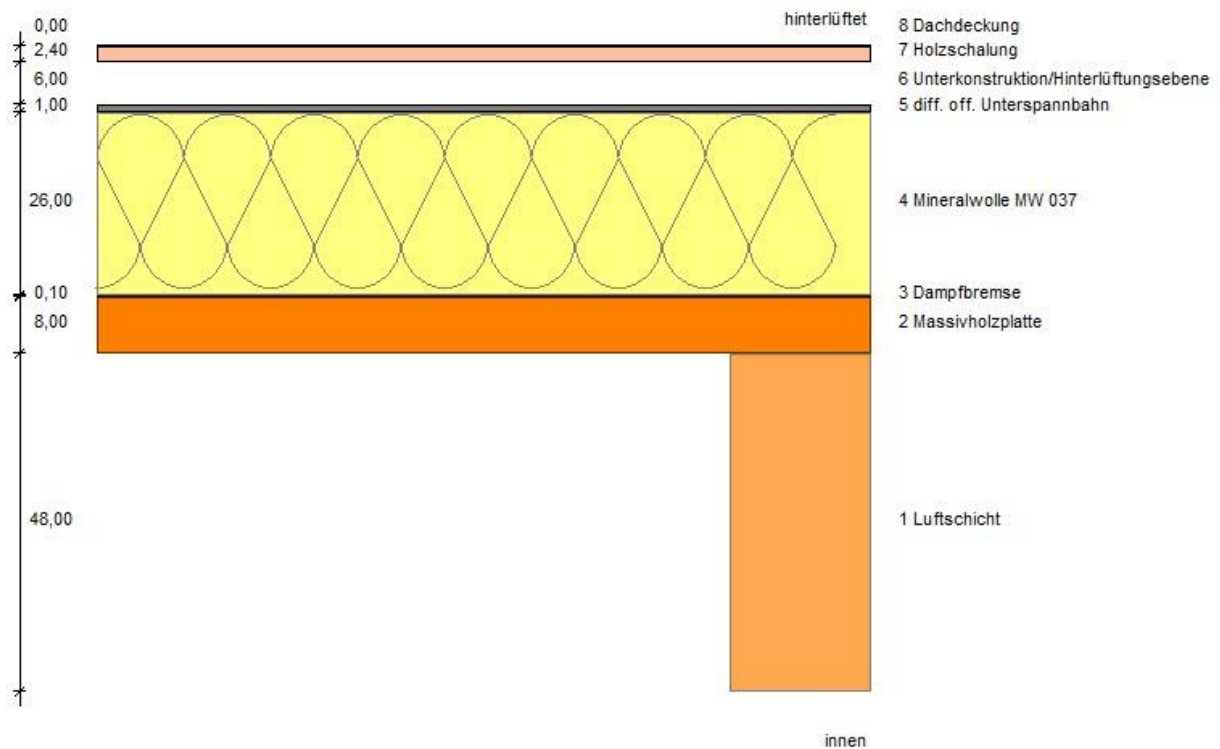
U-Wert Gesamtkorrektur = 26%

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

Umkehrdächer (U-Wert ist nach DIN EN ISO 6946 zu erhöhen) (DIN 4108-2:2013).  
 Mindestanforderungen nach Tab.3.

R  $5,13 \geq 1,20 \text{ m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

## Bauteil: DA02 Schrägdach



DA02 Schrägdach  
 $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

### 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 <sub>si</sub>					0,100
01 Luftschicht	48,00	–	–	–	–
02 Massivholzplatte	8,00	650	52,0	0,130	0,615
03 Dampfbremse	0,10	–	–	–	–
04 Mineralwolle MW 037	26,00	20	5,2	0,037	7,027
05 diff. off. Unterspannbahn	1,00	–	–	–	–
06 Unterkonstruktion/Hinterlüftungs	6,00	–	–	–	–
07 Holzschalung	2,40	600	14,4	–	–
08 Dachdeckung	–	–	–	–	–
R <sub>se</sub>					0,100
d =	91,50	G =	71,6	R <sub>T</sub> =	7,84

$U_{\text{Gefach}} = 0,128 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

## Rahmenbereich

Rahmenbreite	Achsabstand	zusammengesetztes Bauteil				
20,0 cm	93,8 cm	21,3 %	133,0 kg/m²			
Rahmenanteil von innen	s cm	ρ kg/m³	kg/m²	λ W/ (mK)	R m²K/W	
R <sub>si</sub>					0,100	
01 Holzbalken	48,00	600	288,0	-	-	
02 Massivholzplatte	8,00	650	52,0	0,130	0,615	
03 Dampfbremse	0,10	-	-	-	-	
04 Mineralwolle MW 037	26,00	20	5,2	0,037	7,027	
05 diff. off. Unterspannbahn	1,00	-	-	-	-	
06 Unterkonstruktion/Hinterlüftungs	6,00	-	-	-	-	
07 Holzschalung	2,40	600	14,4	-	-	
08 Dachdeckung	-	-	-	-	-	
R <sub>se</sub>					0,100	
	91,50		359,6	R <sub>T</sub> =	7,84	

$$U_{(R)} = 0,128 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$R'_T = 1 / (78,67\% * 1/7,842 + 21,33\% * 1/7,842) = 7,84 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,10 + 1/(0,787/0,615 + 0,213/0,615) + 1/(0,787/7,027 + 0,213/7,027) + 0,10 = 7,84 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 7,84 \text{ m}^2\text{K/W (maximaler Fehler} = R'_T - R''_T / 2 * R_T = 0 \%)$$

### Wärmedurchgangskoeffizient

$$\text{Wärmedurchgangskoeffizient } U_c = 0,128 + 0,026 = \mathbf{0,154 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

0,026 Befestigungsmittel der Außenverkleidung

U-Wert Gesamtkorrektur = 20%

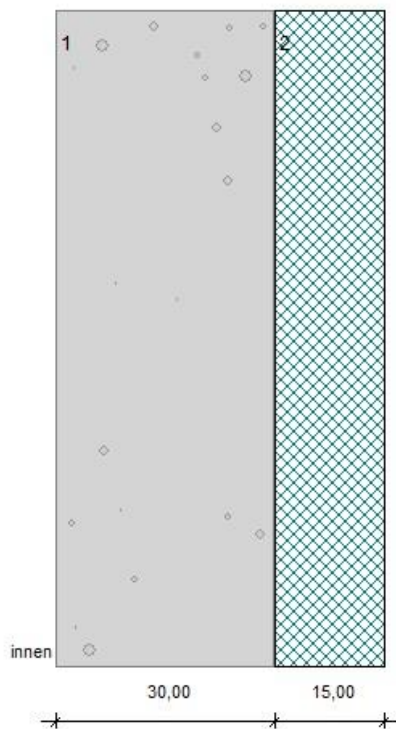
### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

$$R_{(G)} \quad 7,64 \geq 1,75 \quad \text{m}^2\text{K/W} \quad \text{erfüllt die Anforderungen}$$

$$R \quad 6,31 \geq 1,00 \quad \text{m}^2\text{K/W} \quad \text{erfüllt die Anforderungen}$$

## Bauteil: TW01 Trennwand zur TG



TW01 Trennwand zur TG

$U = 0,22 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

von innen

1 Stahlbeton

2 Holzwolle-Mehrschichtpl.  $R > 4,1$

### 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
$R_{si}$					0,130
01 Stahlbeton	30,00	2300	690,0	2,300	0,130
02 Holzwolle-Mehrschichtpl. $R > 4,1$	15,00	-	-	-	4,100
$R_{se}$					0,130
<hr/>					
	d = 45,00	G =	690,0	$R_T =$	4,49

### Wärmedurchgangskoeffizient

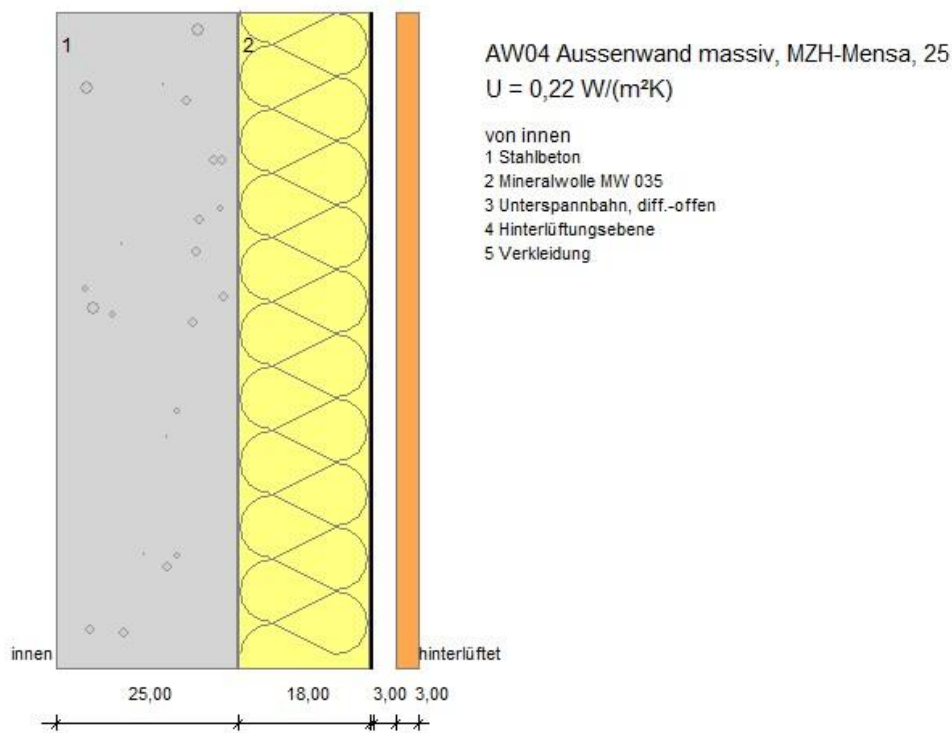
Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,223 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

$R \quad 4,23 \geq 1,20 \quad \text{m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

Bauteil: AW04 Aussenwand massiv, MZH-Mensa, 25



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
$R_{si}$					0,130
01 Stahlbeton	25,00	2300	575,0	2,300	0,109
02 Mineralwolle MW 035	18,00	20	3,6	0,035	5,143
03 Unterspannbahn, diff.-offen	0,10	-	-	-	-
04 Hinterlüftungsebene	3,00	-	-	-	-
05 Verkleidung	3,00	-	-	-	-
$R_{se}$					0,130
<hr/>					
	d = 49,10	G = 578,6		$R_T = 5,51$	

Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,181 + 0,036 = 0,217 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,036 Zuschlag für Befestigungsmittel der Außenverkleidung (20%)

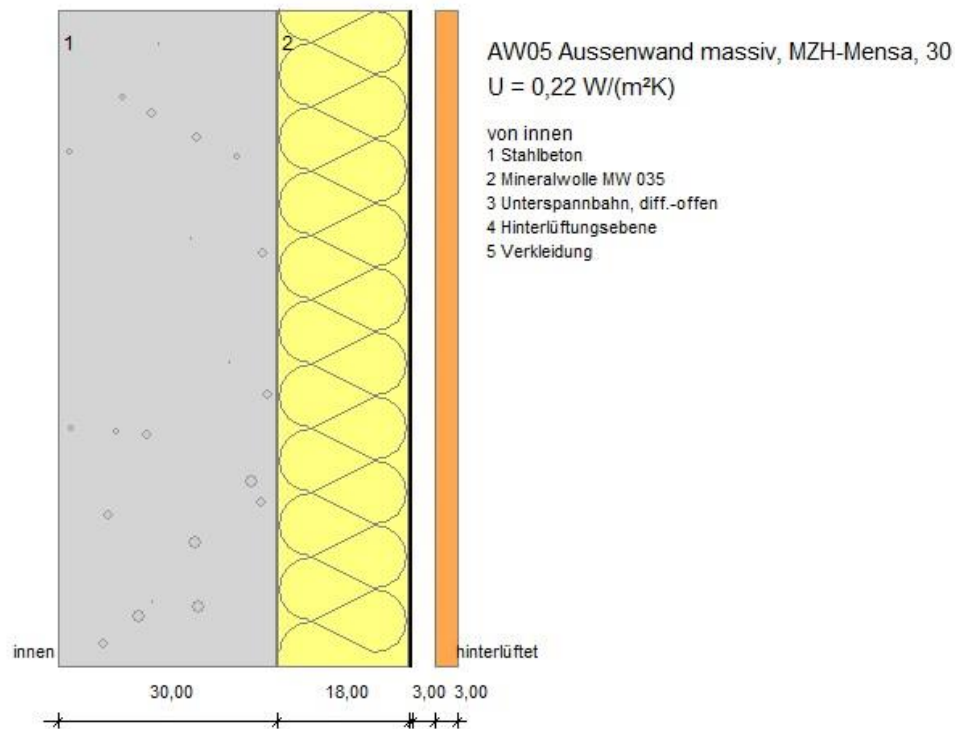
U-Wert Gesamtkorrektur = 20%

Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

R 5,25  $\geq$  1,20 m<sup>2</sup>K/W erfüllt die Anforderungen

**Bauteil: AW05 Aussenwand massiv, MZH-Mensa, 30**



**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
$R_{si}$					0,130
01 Stahlbeton	30,00	2300	690,0	2,300	0,130
02 Mineralwolle MW 035	18,00	20	3,6	0,035	5,143
03 Unterspannbahn, diff.-offen	0,10	-	-	-	-
04 Hinterlüftungsebene	3,00	-	-	-	-
05 Verkleidung	3,00	-	-	-	-
$R_{se}$					0,130
<hr/>					
	d = 54,10	G = 693,6		$R_T = 5,53$	

**Wärmedurchgangskoeffizient**

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,181 + 0,036 = 0,217 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,036 Zuschlag für Befestigungsmittel der Außenverkleidung (20%)

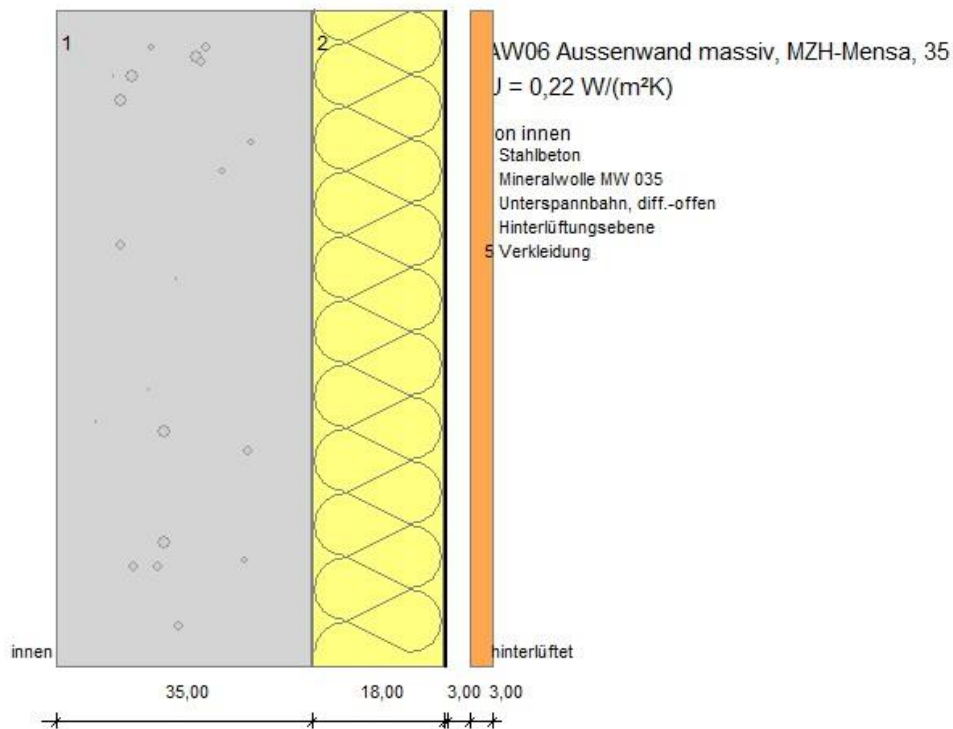
U-Wert Gesamtkorrektur = 20%

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

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

R 5,27  $\geq$  1,20 m<sup>2</sup>K/W erfüllt die Anforderungen

**Bauteil: AW06 Aussenwand massiv, MZH-Mensa, 35**



**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 <sub>si</sub>					0,130
01 Stahlbeton	35,00	2300	805,0	2,300	0,152
02 Mineralwolle MW 035	18,00	20	3,6	0,035	5,143
03 Unterspannbahn, diff.-offen	0,10	-	-	-	-
04 Hinterlüftungsebene	3,00	-	-	-	-
05 Verkleidung	3,00	-	-	-	-
R <sub>se</sub>					0,130
	d = 59,10	G =	808,6	R <sub>T</sub> =	5,56

**Wärmedurchgangskoeffizient**

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,180 + 0,036 = 0,216 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,036 Zuschlag für Befestigungsmittel der Außenverkleidung (20%)

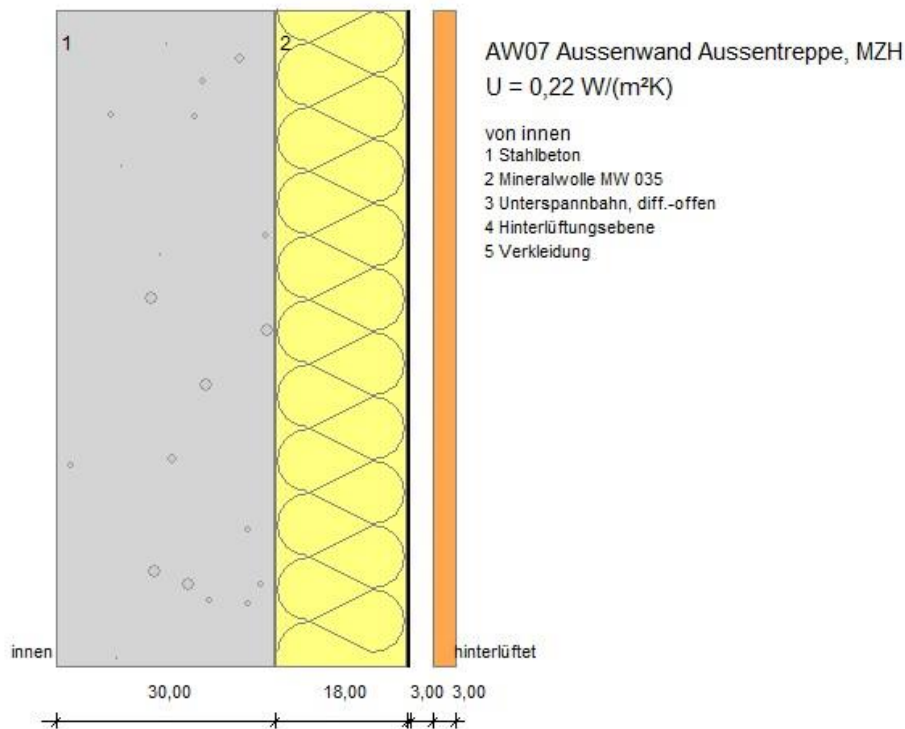
U-Wert Gesamtkorrektur = 20%

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

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

R 5,30  $\geq$  1,20 m<sup>2</sup>K/W erfüllt die Anforderungen

**Bauteil: AW07 Aussenwand Aussentreppe, MZH**



**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
$R_{si}$					0,130
01 Stahlbeton	30,00	2300	690,0	2,300	0,130
02 Mineralwolle MW 035	18,00	20	3,6	0,035	5,143
03 Unterspannbahn, diff.-offen	0,10	-	-	-	-
04 Hinterlüftungsebene	3,00	-	-	-	-
05 Verkleidung	3,00	-	-	-	-
$R_{se}$					0,130
$d = 54,10 \quad G = 693,6 \quad R_T = 5,53$					

**Wärmedurchgangskoeffizient**

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,181 + 0,036 = 0,217 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,036 Zuschlag für Befestigungsmittel der Außenverkleidung (20%)

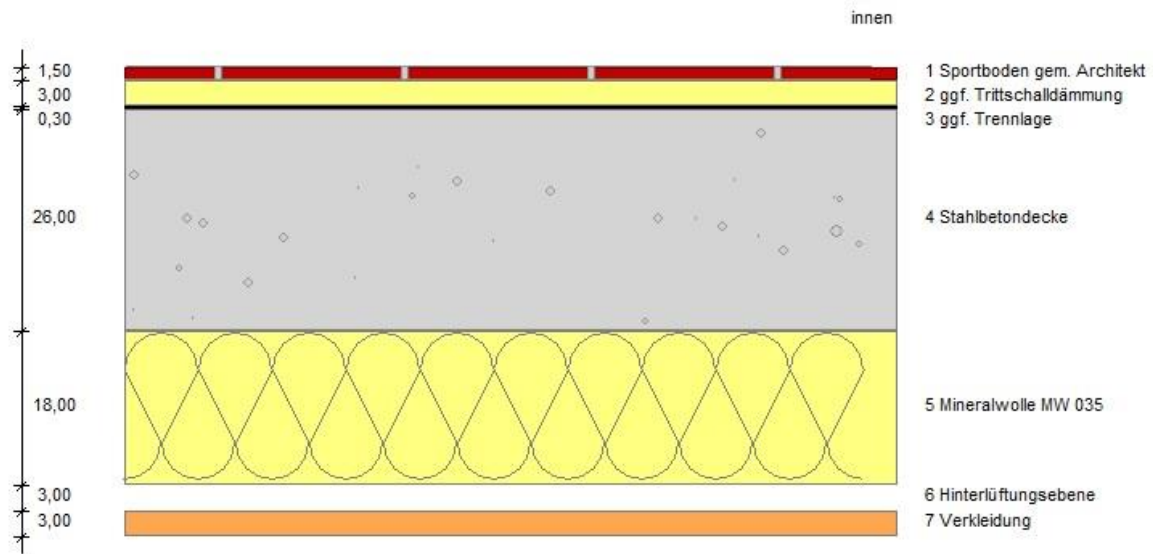
U-Wert Gesamtkorrektur = 20%

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

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

$R \quad 5,27 \geq 1,20 \quad \text{m}^2\text{K/W}$  erfüllt die Anforderungen

## Bauteil: DE03 Decke ueber Aussenluft



DE03 Decke ueber Aussenluft

$U = 0,21 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

### 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 <sub>si</sub>					0,170
01 Sportboden gem. Architekt	1,50	-	-	-	-
02 ggf. Trittschalldämmung	3,00	-	-	-	-
03 ggf. Trennlage	0,30	-	-	-	-
04 Stahlbetondecke	26,00	2300	598,0	2,300	0,113
05 Mineralwolle MW 035	18,00	20	3,6	0,035	5,143
06 Hinterlüftungsebene	3,00	-	-	-	-
07 Verkleidung	3,00	-	-	-	-
R <sub>se</sub>					0,170
d =	54,80	G =	601,6	R <sub>T</sub> =	5,60

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U_c = 0,179 + 0,036 = 0,215 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

0,036 Befestigungsmittel der Außenverkleidung

U-Wert Gesamtkorrektur = 20%

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2

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

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

### Bauteil: FE01 Regelfenster

Dreifach-Wärmeschutz-Isolierverglasung  $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g \leq 0,40$   
Rahmen aus Profilen  $U_{f,BW} = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

*Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1*

---

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

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, 30% Rahmenanteil, Tab. F.3  
(verbesserter Randverbund)  
mit  $U_g = 0,70$  und  $U_f = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

### Bauteil: FE02 Vertikale Lichtbänder

Dreifach-Wärmeschutz-Isolierverglasung  $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g \leq 0,40$   
Rahmen aus Profilen  $U_{f,BW} = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

*Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1*

---

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

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, 30% Rahmenanteil, Tab. F.3  
(verbesserter Randverbund)  
mit  $U_g = 0,70$  und  $U_f = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

### Bauteil: FE03 Einzelfenster

Dreifach-Wärmeschutz-Isolierverglasung  $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g \leq 0,40$   
Rahmen aus Profilen  $U_{f,BW} = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

*Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1*

---

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

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, 30% Rahmenanteil, Tab. F.3  
(verbesserter Randverbund)  
mit  $U_g = 0,70$  und  $U_f = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

#### **Bauteil: FE04 Kellerfenster**

Dreifach-Wärmeschutz-Isolierverglasung  $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g \leq 0,40$   
Rahmen aus Profilen  $U_{f,BW} = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

*Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1*

---

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

U-Wert des Fensters mit Zwei- / Dreischeibenverglasung, 30% Rahmenanteil, Tab. F.3  
(verbesserter Randverbund)  
mit  $U_g = 0,70$  und  $U_f = 1,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

#### **Bauteil: DOB01 Dachoberlichter**

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,600 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (manuell festgelegt)  
(Fenster mit  $A_g = 70\%$  Verglasung, Energiedurchlassgrad  $g = 78\%$ )

#### **Bauteil: T01 Aussentuer**

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,600 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (manuell festgelegt)

#### **Bauteil: T02 Fassadentuer**

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

#### **Bauteil: T03 Tür Tiefgarage**

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



**Anhang C**

**Bilanzierung nach DIN V 18599**

S:\B\Proj\164\B164704\B164704\_16\_BER\_1D.DOCX:05.06.2023



# Energetische Bewertung von Gebäuden

## Projekt: Schulcampus Deisenhofen - Mehrzweckhalle

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

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

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

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

DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

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

### Gebäudeberechnung "Gebäude"

Nachweisverfahren

Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach GEG 2020, §§ 18 und 19 und Anlage 2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2023 (BGBl vom 28. Juli 2022)

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

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

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

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

Zone	Typ	$t_{\text{nutz}}$ d/a	$\vartheta_i$ °C	$\vartheta_{i, \text{WE}}$ °C	$A_{\text{NGF}}$ m <sup>2</sup>	$V_i$ m <sup>3</sup>
7 Sanitärräume	216 WC und Sanit	250	19,9	17,5	242	605
8 Umkleiden, Kopierraum	218 Nebenflächen	250	20,0	17,4	180	451
9 Flure und TRH	219 Verkehrsfläch	250	20,1	17,4	1127	3830
10 ELT-Räume	220 Lager, Techn	250	16,2	14,1	43	162
11 Lager, Archiv	220 Lager, Techn	250	16,2	14,1	610	2471
12 Technik	220 Lager, Techn	250	16,2	14,1	439	1696
13 Halle	231 Turnhalle (o	250	17,8	15,0	1625	22073
14 Gymnastikräume, Konditio	235 Fitnessraum	365	19,3		424	1812
					4.691	33.100

Gebäude,  $A_{\text{NGF}} = 4690,9 \text{ m}^2$

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

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

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

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

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

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

$\vartheta_i$  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 ( $U_{\max}$ -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
Zone 1 Sanitärräume						
0701-0 GB03	1:0	106,3	0,144	L <sub>S</sub>	74 53 33	6,6
0702-0 DA01 Ost	1:0	118,5	0,240	1,00 F <sub>D</sub>	50 02	28,4
0703-0 GB03r	1:0	97,8	0,144	L <sub>S</sub>	53 33	6,1
0704-0 GW01	1:0	83,5	0,235	L <sub>S</sub>	53 38	
0705-0 AW05 Ost	1:0	38,2	0,217	1,00 F <sub>AW</sub>	50 02	8,3
0706-0 FE03 Ost	1:0	3,8	1,000	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	3,8
0707-0 DA02 West	1:0	7,8	0,154	1,00 F <sub>D</sub>	50 02	1,2
Zone 2 Umkleide, Kopiererr						
0801-0 GB03	2:0	57,5	0,144	L <sub>S</sub>	74 53 33	3,6
0802-0 GB03r	2:0	143,1	0,144	L <sub>S</sub>	53 33	8,9
0803-0 GW01	2:0	132,4	0,235	L <sub>S</sub>	53 38	
0804-0 DA01 Ost	2:0	200,6	0,240	1,00 F <sub>D</sub>	50 02	48,1
0805-0 DA02 West	2:0	13,2	0,154	1,00 F <sub>D</sub>	50 02	2,0
Zone 3 Flure und TRH						
0901-0 T03 West	3:0	8,6	1,200	1,00 F <sub>AW</sub>	50 09	10,3
0902-0 AW04 Nord	3:0	159,5	0,217	1,00 F <sub>AW</sub>	50 02	34,6
0903-0 DA01	3:0	37,8	0,240	1,00 F <sub>D</sub>	50 02	9,1
0904-0 GB03r	3:0	32,3	0,144	L <sub>S</sub>	53 33	2,0
0905-0 DA01 N-O	3:0	11,5	0,240	1,00 F <sub>D</sub>	50 02	2,8
0906-0 GB03	3:0	666,4	0,144	L <sub>S</sub>	74 53 33	41,5
0907-0 TW01 West	3:0	90,7	0,223	1,00 F <sub>AW</sub>	50	20,2
0908-0 AW05 West	3:0	50,2	0,217	1,00 F <sub>AW</sub>	50 02	10,9
0909-0 AW04 West	3:0	8,1	0,217	1,00 F <sub>AW</sub>	50 02	1,8
0910-0 AW07 Nord	3:0	5,3	0,217	1,00 F <sub>AW</sub>	50 02	1,2
0911-0 T01 Nord	3:0	3,5	1,600	1,00 F <sub>AW</sub>	50 09 02	5,6
0912-0 AW07 Süd	3:0	5,3	0,217	1,00 F <sub>AW</sub>	50 02	1,2
0913-0 T01 Süd	3:0	10,3	1,600	1,00 F <sub>AW</sub>	50 09 02	16,5
0914-0 DA01 Ost	3:0	177,8	0,240	1,00 F <sub>D</sub>	50 02	42,7
0915-0 DOB01 Ost	3:0	4,7	1,600	1,00 F <sub>F</sub>	70 50 02	7,5
0916-0 AW05 Süd	3:0	12,0	0,217	1,00 F <sub>AW</sub>	50 02	2,6
0917-0 GW01	3:0	19,5	0,235	L <sub>S</sub>	53 38	
0918-0 AW07 West	3:0	61,9	0,217	1,00 F <sub>AW</sub>	50 02	13,4
0919-0 FE01 Nord	3:0	26,0	1,000	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	26,0
0920-0 T02 Nord	3:0	19,0	1,200	1,00 F <sub>F</sub>	09 50 02	22,8
0921-0 FE01 West	3:0	38,3	1,000	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	38,3
0922-0 AW04 Ost	3:0	20,2	0,217	1,00 F <sub>AW</sub>	50 02	4,4
0923-0 DOB01 West	3:0	16,0	1,600	1,00 F <sub>F</sub>	70 50 02	25,6
0924-0 FE02 Ost	3:0	26,1	1,000	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	26,1
0925-0 DA02 West	3:0	128,9	0,154	1,00 F <sub>D</sub>	50 02	19,9
0926-0 DA02 Ost	3:0	18,1	0,154	1,00 F <sub>D</sub>	50 02	2,8
Zone 4 ELT-Räume						
1001-0 AW04 Nord	4:0	22,9	0,217	1,00 F <sub>AW</sub>	50 02	5,0
1002-0 GB01	4:0	32,3	0,235	L <sub>S</sub>	74 53 33	2,2
1003-0 DA01 Ost	4:0	24,8	0,240	1,00 F <sub>D</sub>	50 02	6,0
1004-0 DA02 Ost	4:0	7,6	0,154	1,00 F <sub>D</sub>	50 02	1,2
Zone 5 Lager, Archiv						
1101-0 GB03r	5:0	50,8	0,144	L <sub>S</sub>	53 33	3,2

1102-0	TW01 Nord	5:0	5,3	0,223	1,00	FAW	50	1,2
1103-0	AW06 Süd	5:0	18,6	0,216	1,00	FAW	50 02	4,0
1104-0	T01 Süd	5:0	6,7	1,600	1,00	FAW	50 09 02	10,7
1105-0	TW01 West	5:0	142,1	0,223	1,00	FAW	50	31,7
1106-0	TW01 Süd	5:0	5,3	0,223	1,00	FAW	50	1,2
1107-0	AW04 West	5:0	32,2	0,217	1,00	FAW	50 02	7,0
1108-0	AW07 Süd	5:0	8,9	0,217	1,00	FAW	50 02	1,9
1109-0	AW07 Nord	5:0	8,8	0,217	1,00	FAW	50 02	1,9
1110-0	AW07 Ost	5:0	62,4	0,217	1,00	FAW	50 02	13,5
1111-0	DA01 Ost	5:0	229,2	0,240	1,00	FD	50 02	55,0
1112-0	GB03	5:0	498,2	0,144		LS	74 53 33	31,1
1113-0	T01 Ost	5:0	8,4	1,600	1,00	FAW	50 09 02	13,4
1114-0	AW05 Ost	5:0	36,8	0,217	1,00	FAW	50 02	8,0
1115-0	AW05 West	5:0	18,7	0,217	1,00	FAW	50 02	4,1
1116-0	DA02 West	5:0	19,4	0,154	1,00	FD	50 02	3,0
1117-0	DA02 Ost	5:0	20,8	0,154	1,00	FD	50 02	3,2
1118-0	AW04 Nord	5:0	24,0	0,217	1,00	FAW	50 02	5,2

#### Zone 6 Technik

1201-0	T03 West	6:0	2,7	1,200	1,00	FAW	50 09	3,2
1202-0	GW01	6:0	241,7	0,235		LS	53 38	
1203-0	TW01 West	6:0	25,7	0,223	1,00	FAW	50	5,7
1204-0	DA01	6:0	301,0	0,240	1,00	FD	50 02	72,2
1205-0	AW04 Nord	6:0	52,2	0,217	1,00	FAW	50 02	11,3
1206-0	AW05 N-O	6:0	3,6	0,217	1,00	FAW	50 02	0,8
1207-0	FE04 N-O	6:0	1,5	1,000	1,00	FF	50 02	1,5
1208-0	DA01 N-O	6:0	35,6	0,240	1,00	FD	50 02	8,5
1209-0	GB01r	6:0	190,5	0,235		LS	53 33	13,2
1210-0	DA01 Ost	6:0	99,8	0,240	1,00	FD	50 02	24,0
1211-0	GB01	6:0	265,1	0,235		LS	74 53 33	18,4
1212-0	AW05 Ost	6:0	8,3	0,217	1,00	FAW	50 02	1,8
1213-0	DA02 West	6:0	3,5	0,154	1,00	FD	50 02	0,5
1214-0	FE03 Nord	6:0	6,1	1,000	1,00	FF	50 02	6,1
1215-0	DA02 Ost	6:0	12,6	0,154	1,00	FD	50 02	1,9

#### Zone 7 Halle

1301-0	GB02	7:0	1169,9	0,235		LS	74 53 33	81,2
1302-0	GB02r	7:0	142,0	0,235		LS	53 33	9,8
1303-0	AW06 Süd	7:0	469,7	0,216	1,00	FAW	50 02	101,5
1304-0	T01 Süd	7:0	13,5	1,600	1,00	FAW	50 09 02	21,6
1305-0	AW04 Ost	7:0	264,5	0,217	1,00	FAW	50 02	57,4
1306-0	FE01 Ost	7:0	150,8	1,000	1,00	FF	50 02	150,8
1307-0	DA02 Ost	7:0	777,8	0,154	1,00	FD	50 02	119,8
1308-0	FE02 Ost	7:0	68,8	1,000	1,00	FF	50 02	68,8
1309-0	AW04 West	7:0	200,4	0,217	1,00	FAW	50 02	43,5
1310-0	FE01 West	7:0	132,4	1,000	1,00	FF	50 02	132,4
1311-0	T02 West	7:0	17,3	1,200	1,00	FF	09 50 02	20,8
1312-0	DE03	7:0	1,8	0,215	1,00	FAW	50 82	0,4
1313-0	DA02 West	7:0	929,2	0,154	1,00	FD	50 02	143,1

#### Zone 8 Gymnastikräume, K

1401-0	GB03	8:0	52,7	0,144		LS	74 53 33	3,3
1402-0	AW05 West	8:0	12,0	0,217	1,00	FAW	50 02	2,6
1403-0	DE03	8:0	37,8	0,215	1,00	FAW	50 82	8,1
1404-0	FE03 West	8:0	28,6	1,000	1,00	FF	50 02	28,6
1405-0	AW04 Nord	8:0	57,3	0,217	1,00	FAW	50 02	12,4
1406-0	DA02 West	8:0	169,8	0,154	1,00	FD	50 02	26,1
1407-0	FE03 Nord	8:0	12,4	1,000	1,00	FF	50 02	12,4
1408-0	DA02 Ost	8:0	225,9	0,154	1,00	FD	50 02	34,8
1409-0	AW05 Ost	8:0	17,6	0,217	1,00	FAW	50 02	3,8

1410-0 DOB01 Ost	8:0	15,3	1,600	1,00 F <sub>F</sub>	70 50 02	24,5
1411-0 FE03 Ost	8:0	27,4	1,000	1,00 F <sub>F</sub>	50 02	27,4

$$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 9.712,6 \quad \Sigma H_T \text{ [W/K]} = 2.024,7$$

#### 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
- 33 Der thermische Leitwert L<sub>S</sub> des beheizten Kellers wurde nach EN ISO 13370 gesondert berechnet (sh. Bauteilberechnung).
- 38 Der Leitwert des (Wand)bauteils ist bereits im Leitwert des beheizten Kellers enthalten
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert bilanziert wird.
- 70 Dachflächenfenster
- 74 Die Hüllfläche wird im mittleren U-Wert nach Hüllflächengruppen (Abs.5.2.3) nicht berücksichtigt.

### 2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

H<sub>T,WB</sub> = 620,8 W/K (30,7 %, 0,064 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

### 2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

Transferkoeffizienten Transmission	H <sub>T,D</sub> W/K	H <sub>T,s</sub> W/K	H <sub>T,iu</sub> W/K	Σ H <sub>T</sub> W/K	H <sub>T,iz</sub> W/K	H <sub>T,zi</sub> W/K
7 Sanitärräume	59	13	0	71	0	0
8 Umkleiden, Kopierraum	72	13	0	84	0	0
9 Flure und TRH	440	44	0	484	0	0
10 ELT-Räume	18	2	0	20	0	0
11 Lager, Archiv	230	34	0	264	0	0
12 Technik	193	32	0	225	0	0
13 Halle	1163	91	0	1254	0	0
14 Gymnastikräume, Kondit	241	3	0	244	0	0
	2414	231		2645		

H<sub>T,D</sub> = Σ A<sub>j</sub>U<sub>j</sub> + ΔU<sub>WB</sub> \* Σ A = Wärmetransferkoeffizient zur Außenluft, Bauteile + Wärmebrücken

H<sub>T,s</sub> = Σ F<sub>X</sub>A<sub>j</sub>U<sub>j</sub> = Wärmetransferkoeffizient über das Erdreich, alternativ L<sub>S</sub>-Wert aus der Bauteilberechnung

H<sub>T,iu</sub> = Σ F<sub>X</sub>A<sub>j</sub>U<sub>j</sub> = Wärmetransferkoeffizient zum unbeheizten Bereich

H<sub>T,iz</sub> = Σ A<sub>j</sub>U<sub>j</sub> = Wärmetransferkoeffizient zu angrenzenden Gebäudezonen

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmeflusskoeffizient

H'<sub>T,vorh</sub> = (H<sub>T,D</sub> + F<sub>X</sub> \* H<sub>T,iu</sub> + F<sub>X</sub> \* H<sub>T,s</sub>) / A = 2.645,5 / 10.189,7 = **0,26 W/(m²K)**

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

Höchstwerte für Hüllflächengruppen nach GEG A3

		opake Bauteile [W/ (m²K) ]	Fenster [W/ (m²K) ]	Vorhangf. [W/ (m²K) ]	Oberl. [W/ (m²K) ]
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
Zonen	T <sub>i</sub> ≥ 19°C	0,18	1,01		1,60
Zonen	T <sub>i</sub> < 19°C	0,21	1,00		

Die Höchstwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten werden eingehalten, **Nachweis erbracht**  
 kleinste Grenzwertunterschreitung:  $U = 1,01 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) -32,5\%$

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

Gebäudedichtheit Regelwert, Kategorie II, ohne Dichtheitsprüfung (T2, Tab.7),  $n_{50} = 4,00 \text{ h}^{-1}$   
 Nettoraumvolumen  $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} * \Sigma A / V = 6*9713 / 33100 = 1,76 \text{ (Gl.68)}$

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

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (zeitabhängige, raumweise Steuerung) für die Zonen 7 Sanitärräume, 8 Umkleiden Kopierraum, 10 ELT-Räume, 11 Lager Archiv, 13 Halle, 14 Gymnastikräume Kondition

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	$n_{50}$ $\text{h}^{-1}$	$V_A/V_{dc}$ $\text{m}^3 / (\text{m}^2\text{h})$	Luftwechsel		Fenster $n_{\text{win}}$ $\text{h}^{-1}$	Lüftungsanlage	
				$n_{\text{nutz}}$ $\text{h}^{-1}$	$n_{\text{inf}}$ $\text{h}^{-1}$		$n_{\text{m,ZUL}}$ $\text{h}^{-1}$	$t_{V,m}$ $\text{h/d}$
7 Sanitärräume	-	3,69	15,00	6,00	0,26	0,10	6,00	13
8 Umkleiden, Kopie	-	5,52	0,15	0,06	0,39	0,10	0,02	13
9 Flure und TRH	-	2,57	0,00	0,00	0,18	0,10	-	-
10 ELT-Räume	-	3,25	0,15	0,04	0,23	0,10	0,04	13
11 Lager, Archiv	-	2,91	0,15	0,04	0,20	0,10	0,04	13
12 Technik	-	3,57	0,15	0,04	0,25	0,10	-	-
13 Halle	-	1,18	2,83	0,21	0,08	0,10	0,21	17
14 Gymnastikräume,	-	2,17	11,05	2,58	0,15	0,10	2,58	17

$\Rightarrow$  WE-Betrieb ...

7 Sanitärräume		0,00	0,00	0,26	0,10
8 Umkleiden, Kopierraum		0,00	0,00	0,39	0,10
9 Flure und TRH		0,00	0,00	0,18	0,10
10 ELT-Räume		0,00	0,00	0,23	0,10
11 Lager, Archiv		0,00	0,00	0,20	0,10
12 Technik		0,00	0,00	0,25	0,10
13 Halle		0,00	0,00	0,08	0,10

Zone <1> RLT-Anlage (203) mit  $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 3633 / 3633 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG72 ()

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit  $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 9 / 9 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG72 ()

Zone <4> RLT-Anlage (203) mit  $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 6 / 6 \text{ m}^3/\text{h}$ , Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG72 ()

Zone <5> RLT-Anlage (203) mit  $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 92 / 92 \text{ m}^3/\text{h}$ , Konstantvolumenstrom, balanciert, WRG72 ()

Zone <7> RLT-Anlage (203) mit  $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 4591 / 4591 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG72 ()

Zone <8> RLT-Anlage (203) mit  $V_{\text{SUP}}/\text{ETA} = 4683 / 4683 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, WRG72 ()

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Transferkoeffizienten	V	$H_{V,z,\text{Jan}}$	$H_{V,\text{inf}}$	$H_{V,\text{win}}$	$\Sigma H_V$	$H_{V,\text{mech}}$	$\theta_{V,\text{Jan}}$
Lüftung	$\text{m}^3$	$\text{W/K}$	$\text{W/K}$	$\text{W/K}$	$\text{W/K}$	$\text{W/K}$	$^{\circ}\text{C}$

7 Sanitärräume	605	0	53	21	74	670	20,0
8 Umkleiden, Kopiererr	451	0	59	15	75	2	22,0
9 Flure und TRH	3.830	0	234	130	364	0	
10 ELT-Räume	162	0	13	6	18	1	22,0
11 Lager, Archiv	2.471	0	171	84	255	17	15,0
12 Technik	1.696	0	144	58	202	0	
13 Halle	22.073	0	619	750	1.370	1106	22,0
14 Gymnastikräume, K	1.812	0	94	62	155	1128	22,0

0 1387 1125 2512 2923

⇒ WE-Betrieb ...

7 Sanitärräume	0	53	21	74
8 Umkleiden, Kopiererraum	0	59	15	75
9 Flure und TRH	0	234	130	364
10 ELT-Räume	0	13	6	18
11 Lager, Archiv	0	171	84	255
12 Technik	0	144	58	202
13 Halle	0	619	750	1370

0 1293 1064 2357

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

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

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

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

$\vartheta_V$  = 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>	$I_{S,\text{Jan/Jul}}$ W/m <sup>2</sup>	$g_{\text{eff, Jan/Jul}}$ %	$Q_{S,\text{Jan/Jul}}$ kWh/d
0706-0 FE03 Ost	1	2,66	25/ 138	29/ 29 7100	0,5/ 2,6
0915-0 DOB01 Ost	3	3,29	29/ 210	57/ 57 "	1,3/ 9,4
0919-0 FE01 Nord	3	18,20	10/ 81	29/ 29 "	1,3/ 10,3
0920-0 T02 Nord	3	13,30	10/ 81	58/ 58 "	1,9/ 15,1
0921-0 FE01 West	3	26,81	17/ 117	29/ 15 7106s	3,2/ 11,2
0923-0 DOB01 West	3	11,20	25/ 188	57/ 57 7100	3,8/ 28,7
0924-0 FE02 Ost	3	18,27	25/ 138	29/ 29 "	3,2/ 17,6
1207-0 FE04 N-O	6	1,05	11/ 112	29/ 29 "	0,1/ 0,8
1214-0 FE03 Nord	6	4,27	10/ 81	29/ 29 "	0,3/ 2,4
1306-0 FE01 Ost	7	105,56	25/ 138	29/ 15 7106s	18,5/ 51,8
1308-0 FE02 Ost	7	48,16	25/ 138	29/ 29 7100	8,4/ 46,5
1310-0 FE01 West	7	92,68	17/ 117	29/ 15 7106s	11,0/ 38,6
1311-0 T02 West	7	12,11	17/ 117	58/ 58 7100	2,9/ 19,8
1404-0 FE03 West	8	20,02	17/ 117	29/ 15 7106s	2,4/ 8,3
1407-0 FE03 Nord	8	8,68	10/ 81	29/ 29 7100	0,6/ 4,9
1410-0 DOB01 Ost	8	10,71	31/ 205	57/ 57 "	4,5/ 30,0
1411-0 FE03 Ost	8	19,18	25/ 138	29/ 15 7106s	3,4/ 9,4
416,30					67/ 307

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

7106: aus dem Bauteilbezug, vertikale Markise, grau

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

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

#### 4.2 Solare Wärmeeinträge über opake Hüllflächen

Hüllfläche	Zone	A m <sup>2</sup>	U W/ (m <sup>2</sup> K)	$\alpha$	$h_r$ W/ (m <sup>2</sup> K)	$I_{S, Jul}$ W/m <sup>2</sup>	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
0702-0 DA01 Ost	O 1	118,5	0,24	0,60	4,50	210	2,2
0705-0 AW05 Ost	O 1	38,2	0,22	0,60	4,50	138	0,5
0707-0 DA02 West	W 1	7,8	0,15	0,60	4,50	188	0,1
0804-0 DA01 Ost	O 2	200,6	0,24	0,60	4,50	210	3,7
0805-0 DA02 West	W 2	13,2	0,15	0,60	4,50	188	0,1
0902-0 AW04 Nord	N 3	159,5	0,22	0,60	4,50	81	0,9
0903-0 DA01	- 3	37,8	0,24	0,60	4,50	210	0,7
0905-0 DA01 N-O	NO 3	11,5	0,24	0,60	4,50	210	0,2
0908-0 AW05 West	W 3	50,2	0,22	0,60	4,50	117	0,5
0909-0 AW04 West	W 3	8,1	0,22	0,60	4,50	117	0,1
0910-0 AW07 Nord	N 3	5,3	0,22	0,60	4,50	81	0,0
0911-0 T01 Nord	N 3	3,5	1,60	0,60	4,50	81	0,1
0912-0 AW07 Süd	S 3	5,3	0,22	0,60	4,50	113	0,0
0913-0 T01 Süd	S 3	10,3	1,60	0,60	4,50	113	0,7
0914-0 DA01 Ost	O 3	177,8	0,24	0,60	4,50	210	3,3
0916-0 AW05 Süd	S 3	12,0	0,22	0,60	4,50	113	0,1
0918-0 AW07 West	W 3	61,9	0,22	0,60	4,50	117	0,6
0922-0 AW04 Ost	O 3	20,2	0,22	0,60	4,50	138	0,3
0925-0 DA02 West	W 3	128,9	0,15	0,60	4,50	188	1,3
0926-0 DA02 Ost	O 3	18,1	0,15	0,60	4,50	205	0,2
1001-0 AW04 Nord	N 4	22,9	0,22	0,60	4,50	81	0,1
1003-0 DA01 Ost	O 4	24,8	0,24	0,60	4,50	210	0,5
1004-0 DA02 Ost	O 4	7,6	0,15	0,60	4,50	205	0,1
1103-0 AW06 Süd	S 5	18,6	0,22	0,60	4,50	113	0,2
1104-0 T01 Süd	S 5	6,7	1,60	0,60	4,50	113	0,5
1107-0 AW04 West	W 5	32,2	0,22	0,60	4,50	117	0,3
1108-0 AW07 Süd	S 5	8,9	0,22	0,60	4,50	113	0,1
1109-0 AW07 Nord	N 5	8,8	0,22	0,60	4,50	81	0,0
1110-0 AW07 Ost	O 5	62,4	0,22	0,60	4,50	138	0,8
1111-0 DA01 Ost	O 5	229,2	0,24	0,60	4,50	210	4,3
1113-0 T01 Ost	O 5	8,4	1,60	0,60	4,50	138	0,8
1114-0 AW05 Ost	O 5	36,8	0,22	0,60	4,50	138	0,5
1115-0 AW05 West	W 5	18,7	0,22	0,60	4,50	117	0,2
1116-0 DA02 West	W 5	19,4	0,15	0,60	4,50	188	0,2
1117-0 DA02 Ost	O 5	20,8	0,15	0,60	4,50	205	0,2
1118-0 AW04 Nord	N 5	24,0	0,22	0,60	4,50	81	0,1
1204-0 DA01	- 6	301,0	0,24	0,60	4,50	210	5,6
1205-0 AW04 Nord	N 6	52,2	0,22	0,60	4,50	81	0,3
1206-0 AW05 N-O	NO 6	3,6	0,22	0,60	4,50	112	0,0
1208-0 DA01 N-O	NO 6	35,6	0,24	0,60	4,50	210	0,7
1210-0 DA01 Ost	O 6	99,8	0,24	0,60	4,50	210	1,9
1212-0 AW05 Ost	O 6	8,3	0,22	0,60	4,50	138	0,1
1213-0 DA02 West	W 6	3,5	0,15	0,60	4,50	188	0,0
1215-0 DA02 Ost	O 6	12,6	0,15	0,60	4,50	205	0,1
1303-0 AW06 Süd	S 7	469,7	0,22	0,60	4,50	113	4,4
1304-0 T01 Süd	S 7	13,5	1,60	0,60	4,50	113	0,9

1305-0 AW04 Ost	O	7	264,5	0,22	0,60	4,50	138	3,3
1307-0 DA02 Ost	O	7	777,8	0,15	0,60	4,50	205	8,9
1309-0 AW04 West	W	7	200,4	0,22	0,60	4,50	117	2,0
1313-0 DA02 West	W	7	929,2	0,15	0,60	4,50	188	9,3
1402-0 AW05 West	W	8	12,0	0,22	0,60	4,50	117	0,1
1405-0 AW04 Nord	N	8	57,3	0,22	0,60	4,50	81	0,3
1406-0 DA02 West	W	8	169,8	0,15	0,60	4,50	188	1,7
1408-0 DA02 Ost	O	8	225,9	0,15	0,60	4,50	205	2,6
1409-0 AW05 Ost	O	8	17,6	0,22	0,60	4,50	138	0,2

5.293,2

67,1

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

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

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

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

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

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

#### 4.3 solare Wärmegewinne

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
über Fenster ...								
7 Sanitärräume	46	32	11	7	14	15	39	549
8 Umkleiden, K	-	-	-	-	-	-	-	-
9 Flure und TR	1.870	1.173	481	279	454	614	1.481	20.299
10 ELT-Räume	-	-	-	-	-	-	-	-
11 Lager, Arch	-	-	-	-	-	-	-	-
12 Technik	48	30	15	8	12	19	38	605
13 Halle	4.618	3.026	1.112	679	1.265	1.423	3.789	42.295
14 Gymnastikrä	1.276	829	316	188	337	410	1.032	12.768
über opake ...								
7 Sanitärräume	33	4	-	-	-	-	16	469
8 Umkleiden, K	45	2	-	-	-	-	19	650
9 Flure und TR	121	33	1	-	8	3	62	1.606
10 ELT-Räume	7	0	-	-	-	-	3	107
11 Lager, Arch	115	35	0	-	6	3	65	1.469
12 Technik	98	4	-	-	-	-	43	1.453
13 Halle	466	180	3	-	47	19	263	5.541
14 Gymnastikrä	54	3	-	-	-	-	22	817
	8.797	5.351	1.938	1.161	2.144	2.506	6.874	88.628

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

Zone	AB m²	QI,p kWh/d	QI,fac kWh/d	QI,g kWh/d	QI kWh/d
7 Sanitärräume	242	-	-	0,0	0,0
8 Umkleiden, Kopierraum	180	-	-	0,0	0,0
9 Flure und TRH	1127	-	-	0,0	0,0
10 ELT-Räume	43	-	-	0,0	0,0
11 Lager, Archiv	610	-	-	0,0	0,0
12 Technik	439	-	-	0,0	0,0
13 Halle	1625	102,4	-	0,0	102,4
14 Gymnastikräume, Kondition	424	111,9	10,2	0,0	122,1
⇒ WE-Betrieb ...					
7 Sanitärräume		-	-	0,0	0,0
8 Umkleiden, Kopierraum		-	-	0,0	0,0

9 Flure und TRH	-	-	0,0	0,0
10 ELT-Räume	-	-	0,0	0,0
11 Lager, Archiv	-	-	0,0	0,0
12 Technik	-	-	0,0	0,0
13 Halle	-	-	0,0	0,0

#### ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m³/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
7 Sanitärräume	0,0	5,1	0,9	3,3	0,0
8 Umkleiden, Kopierraum	0,0	0,4	0,6	0,0	0,0
9 Flure und TRH	0,0	4,6	4,0	0,0	0,0
10 ELT-Räume	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0
11 Lager, Archiv	0,0	1,2	2,2	0,0	0,0
12 Technik	0,0	0,9	1,6	0,0	0,0
13 Halle	0,0	44,7	19,5	0,0	0,0
14 Gymnastikräume, Kondition	0,0	17,8	1,5	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<sub>source</sub> im WE-Betrieb mit anteiligen Wärmeeinträgen aus dem Heizsystem nach Abs.6.5.6

Zone	Σ H <sub>T</sub> W/K	Σ H <sub>v</sub> W/K	Σ H <sub>v,mech</sub> W/K	Q <sub>sink</sub> kWh/d	Q <sub>source</sub> kWh/d	γ
7 Sanitärräume	71	74	670	77	10	0,128
8 Umkleiden, Kopierraum	84	75	2	81	1	0,014
9 Flure und TRH	484	364	0	435	24	0,056
10 ELT-Räume	20	18	1	16	0	0,017
11 Lager, Archiv	264	255	17	216	4	0,019
12 Technik	225	202	0	174	3	0,018
13 Halle	1254	1370	1106	1128	210	0,186
14 Gymnastikräume, Kondition	244	155	1128	176	151	0,858

Zone	C <sub>wirk</sub> Wh/(m²K)	H W/K	τ h	a -	η -	η <sub>WE</sub>
7 Sanitärräume	50	815	14,87	1,93	0,983	1,000
8 Umkleiden, Kopierraum	50	160	56,31	4,52	1,000	1,000
9 Flure und TRH	50	848	66,48	5,16	1,000	1,000
10 ELT-Räume	50	39	54,45	4,40	1,000	1,000
11 Lager, Archiv	50	536	56,96	4,56	1,000	1,000
12 Technik	50	426	51,51	4,22	1,000	1,000
13 Halle	50	3729	21,79	2,36	0,985	1,000
14 Gymnastikräume, Kondition	50	1528	13,87	1,87	0,700	

Σ H<sub>T</sub> = H<sub>T,D</sub> + H<sub>T,s</sub> + H<sub>T,iu</sub> = Transmissionswärme-Transferkoeffizienten, H<sub>T,iu</sub> siehe Q<sub>sink</sub>

Σ H<sub>v</sub> = Lüftungswärme-Transferkoeffizienten aus Infiltration und Fensterlüftung

Σ H<sub>v,mech</sub> = Transferkoeffizient aus mechanischer Lüftung mit WRG ohne Kühlfunktion

Q<sub>sink</sub> = Summe der Wärmesenken aus Transmission und Lüftung in der Gebäudezone

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

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

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

$\tau$  = Zeitkonstante =  $C_{\text{wirk}} / H$  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

$\eta_{\text{WE}}$  = Ausnutzungsgrad im Wochenendbetrieb

## 7.0 Heizwärmebedarf (DIN V 18599-2)

### Temperaturrandbedingungen

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

Bilanzinnentemperaturen  $T_i$  nach Zonen siehe Nutzungsrandbedingungen

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
	d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$T_e$	°C	1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i, 1}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i, 2}$	°C	20,0	20,1	20,2	20,4	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,2	20,0
$T_{i, 3}$	°C	20,1	20,1	20,3	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,2	20,1
$T_{i, 4}$	°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
$T_{i, 5}$	°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
$T_{i, 6}$	°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
$T_{i, 7}$	°C	17,8	17,8	18,0	18,3	18,7	18,8	19,0	19,0	18,7	18,3	18,0	17,8
$T_{i, 8}$	°C	19,3	19,4	19,5	19,6	19,8	19,9	20,0	19,9	19,8	19,6	19,4	19,3
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i, 1}$	°C	17,5	17,7	18,2	19,0	19,8	20,3	20,7	20,6	19,8	19,0	18,1	17,5
$T_{i, 2}$	°C	17,4	17,5	18,0	18,9	19,7	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	17,9	17,3
$T_{i, 3}$	°C	17,4	17,6	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	18,9	18,0	17,4
$T_{i, 4}$	°C	14,1	14,3	14,8	15,6	16,5	16,9	17,4	17,3	16,5	15,6	14,7	14,1
$T_{i, 5}$	°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
$T_{i, 6}$	°C	14,1	14,2	14,7	15,6	16,5	16,9	17,4	17,3	16,5	15,6	14,6	14,0
$T_{i, 7}$	°C	15,0	15,0	15,0	16,1	17,6	18,3	19,0	18,9	17,6	16,2	15,0	15,0
$T_{i, 8}$	°C	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	19,0	19,7	19,6	18,8	18,8	18,8	18,8

### 7.1 Zone 7 Sanitärräume

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

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

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

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 19,9$  °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
$\eta_{\text{source}}$		0,892	0,967	0,980	0,984	0,983	0,982	0,974	0,872
$\eta_{\text{source, WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,988
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	120	213	208	215	215	194	215	1.941
$t_h$	h	664	744	720	744	744	672	744	6.291

$Q_{h,b,RE}$	kWh	352	904	1.192	1.395	1.381	1.202	1.158	8.577
$Q_{h,b,WE}$	kWh	36	97	253	353	346	287	223	1.673
$Q_T$	kWh	312	553	787	967	962	830	784	6.486
$Q_V$	kWh	304	663	831	957	954	837	840	4.651
$Q_S^*$	kWh	73	35	11	7	14	15	54	860
$Q_I^*$	kWh	154	180	187	202	201	178	189	1.931

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

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

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

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

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

## 7.2 Zone 8 Umkleiden, Kopierraum

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,994
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	94	160	155	160	160	144	160	1.439
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	8.526
$Q_{h,b,RE}$	kWh	550	1.027	1.418	1.717	1.702	1.467	1.380	11.273
$Q_{h,b,WE}$	kWh	88	188	352	463	457	385	327	2.519
$Q_T$	kWh	369	655	931	1.144	1.138	982	928	7.677
$Q_V$	kWh	326	579	824	1.012	1.007	869	821	6.785
$Q_S^*$	kWh	45	2	–	–	–	–	19	646
$Q_I^*$	kWh	12	16	23	28	28	24	22	212

## 7.3 Zone 9 Flure und TRH

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,994	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,912
$\eta_{source,WE}$		0,972	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,855
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	994	999	966	999	999	902	999	10.913
$t_h$	h	493	744	720	744	744	672	744	6.266
$Q_{h,b,RE}$	kWh	2.192	4.779	7.268	8.975	8.797	7.463	6.499	52.326
$Q_{h,b,WE}$	kWh	–	497	1.562	2.206	2.125	1.718	1.163	9.271
$Q_T$	kWh	2.129	3.775	5.369	6.598	6.566	5.663	5.351	44.276
$Q_V$	kWh	1.603	2.843	4.043	4.969	4.945	4.265	4.030	33.344
$Q_S^*$	kWh	1.966	1.206	481	279	462	618	1.543	18.065
$Q_I^*$	kWh	119	148	187	227	222	189	179	1.733

## 7.4 Zone 10 ELT-Räume

Regelbetrieb (68,5%)  
 Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 16,2\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$   
 mit  $\vartheta_{h,Jan} = 14,1\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

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	0,858
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,857
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	9	26	36	38	38	34	38	254
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	6.554
$Q_{h,b,RE}$	kWh	47	158	263	331	328	280	254	1.852
$Q_{h,b,WE}$	kWh	8	29	56	81	80	66	50	398
$Q_T$	kWh	35	101	168	216	215	183	165	1.228
$Q_V$	kWh	29	88	149	193	192	163	147	1.077
$Q_S^*$	kWh	7	0	–	–	–	–	3	69
$Q_I^*$	kWh	3	4	5	7	7	6	5	44

### 7.5 Zone 11 Lager, Archiv

Regelbetrieb (68,5%)  
 Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 16,2\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$   
 mit  $\vartheta_{h,Jan} = 14,1\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

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	0,777
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,777
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	128	368	523	541	541	488	541	3.642
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	6.554
$Q_{h,b,RE}$	kWh	659	2.193	3.656	4.588	4.542	3.890	3.541	25.775
$Q_{h,b,WE}$	kWh	94	365	732	1.078	1.059	871	657	5.222
$Q_T$	kWh	467	1.341	2.233	2.879	2.861	2.439	2.200	16.342
$Q_V$	kWh	441	1.304	2.167	2.790	2.773	2.364	2.134	15.697
$Q_S^*$	kWh	115	35	0	–	6	3	65	815
$Q_I^*$	kWh	40	54	75	95	93	79	72	609

### 7.6 Zone 12 Technik

Regelbetrieb (68,5%)  
 Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 16,2\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$   
 mit  $\vartheta_{h,Jan} = 14,1\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,839
$\eta_{source,WE}$		0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,831
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	94	268	376	389	389	351	389	2.630
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	6.552
$Q_{h,b,RE}$	kWh	507	1.761	2.959	3.734	3.695	3.148	2.831	20.648
$Q_{h,b,WE}$	kWh	72	330	658	949	932	765	583	4.558
$Q_T$	kWh	397	1.139	1.896	2.445	2.430	2.071	1.868	13.877
$Q_V$	kWh	356	1.023	1.702	2.195	2.182	1.860	1.677	12.459
$Q_S^*$	kWh	146	34	15	8	12	19	81	1.336
$Q_I^*$	kWh	29	39	54	68	67	57	51	447

### 7.7 Zone 13 Halle

Regelbetrieb (68,5%)

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 17,8\text{ °C}$  und  $Q_I = 102,4\text{ kWh/d}$

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 15,0\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,754	0,925	0,979	0,987	0,985	0,982	0,954	0,723
$\eta_{source,WE}$		0,819	0,987	1,000	1,000	1,000	0,999	0,991	0,755
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.840	1.440	1.393	1.440	1.440	1.301	1.440	14.538
$t_h$	h	239	744	720	744	744	672	744	5.650
$Q_{h,b,RE}$	kWh	829	6.196	13.253	17.905	17.379	14.483	11.180	86.212
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	1.665	4.701	6.948	6.666	5.435	3.544	29.438
$Q_T$	kWh	3.649	7.622	11.671	14.961	14.868	12.671	11.527	90.616
$Q_V$	kWh	2.173	6.267	10.552	14.000	13.898	11.725	10.346	74.863
$Q_S^*$	kWh	3.937	3.028	1.099	673	1.298	1.424	3.913	30.069
$Q_I^*$	kWh	2.229	3.014	3.407	3.775	3.672	3.212	3.235	28.850

### 7.8 Zone 14 Gymnastikräume, Kondition

Regelbetrieb (100,0%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 19,3\text{ °C}$  und  $Q_I = 122,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,267	0,471	0,644	0,706	0,700	0,678	0,585	0,416
$t_h$	h	157	744	720	744	744	672	744	5.747
$Q_{h,b,RE}$	kWh	-	-	-	47	-	-	-	47
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_T$	kWh	967	1.841	2.699	3.350	3.332	2.867	2.683	21.588
$Q_V$	kWh	-1.176	-825	-372	-125	-133	-186	-434	-9.752
$Q_S^*$	kWh	356	392	203	133	236	278	617	4.043
$Q_I^*$	kWh	1.113	2.035	2.704	3.118	3.035	2.645	2.515	21.152

### 7.9 Summe Heizwärmebedarf

	$Q_T$ kWh/a	$Q_V$ kWh/a	$Q_S^*$ kWh/a	$Q_I^*$ kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/a	$Q_{h,b}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)
7 Sanitärräume	6.486	4.651	860	1.931	10.250	42,3
8 Umkleiden, Kopier	7.677	6.785	646	212	13.793	76,5
9 Flure und TRH	44.276	33.344	18.065	1.733	61.597	54,6
10 ELT-Räume	1.229	1.077	69	45	2.250	52,9
11 Lager, Archiv	16.342	15.697	815	609	30.997	50,8
12 Technik	13.877	12.459	1.336	447	25.206	57,4
13 Halle	90.616	74.863	30.069	28.850	115.650	71,2
14 Gymnastikräume,	21.589	-9.752	4.043	21.152	47	0,1
	202.090	139.124	55.903	54.978	259.790	55,4

### 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	$\theta_{\text{SUP, Jan}}$ $^\circ\text{C}$
7 Sanitärräume	-	203 RLT-Anlage	VE LH rec72	20,0
8 Umkleiden, Kopierraum	-	203 RLT-Anlage	VE LH rec72	22,0
10 ELT-Räume	-	203 RLT-Anlage	VE LH LK rec72	22,0
11 Lager, Archiv	-	203 RLT-Anlage	VE LH rec72	15,0
13 Halle	-	203 RLT-Anlage	VE LH LK rec72	22,0
14 Gymnastikräume, Konditio	mT	203 RLT-Anlage	VE LH LK rec72	22,0

Zone <1> RLT-Anlage (203) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 3633 / 3633 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec72 ()

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 9 / 9 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec72 ()

Zone <4> RLT-Anlage (203) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 6 / 6 \text{ m}^3/\text{h}$ , Konstantvolumenstrom, balanciert, rec72 ()

Zone <5> RLT-Anlage (203) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 92 / 92 \text{ m}^3/\text{h}$ , Konstantvolumenstrom, balanciert, rec72 ()

Zone <7> RLT-Anlage (203) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 4591 / 4591 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec72 ()

Zone <8> RLT-Anlage (203) mit  $V_{\text{SUP/ETA}} = 4683 / 4683 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec72 ()

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

	$V_{\text{mech, m}}$ $\text{m}^3/\text{h}$	$t_v \cdot d_v$ $\text{h}/\text{m}$	$P_{V, \text{SUP}}$ $\text{kW}$	$P_{V, \text{ETA}}$ $\text{kW}$	$W_v, \text{Jan}$ $\text{kWh}$
7 Sanitärräume	3633	276	0,76	0,76	418
8 Umkleiden, Kopierraum	9	276	0,00	0,00	1
10 ELT-Räume	6	276	0,00	0,00	1
11 Lager, Archiv	92	276	0,02	0,02	10
13 Halle	4591	361	0,96	0,96	690
14 Gymnastikräume, Konditio	4683	527	0,98	0,98	1.029

monatliche Werte  $W_v$  [kWh]

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
7 Sanitärräume	404	418	404	418	418	377	418	4.920
8 Umkleiden, Ko	1	1	1	1	1	1	1	13
10 ELT-Räume	1	1	1	1	1	0	1	6
11 Lager, Archi	10	10	10	10	10	9	10	124
13 Halle	668	690	668	690	690	623	690	8.126
14 Gymnastikräu	996	1.029	996	1.029	1.029	929	1.029	12.112
	2.080	2.149	2.080	2.149	2.149	1.941	2.149	25.302

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

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

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

$W_v$  = Endenergiebedarf für die Luftförderung im Betrachtungsmonat (Hilfsenergie)

## 9.3 Zuluftkonditionierung (DIN V 18599-3)

Energiebedarfskennwerte für den Standort Deutschland (Potsdam)

Kennwerte für Zuluftvorwärmung im Januar

$\theta_{\text{HC}}$   $q_{\text{H, 12h}}$   $f_{\text{H}}$   $q_{\text{H}}$   $Q_{\text{V, H}}$   $A_{\text{K, A}}$

	°C	Wh/m <sup>3</sup>		Wh/m <sup>3</sup>	kWh	m <sup>2</sup>
7 Sanitärräume	21,4	396	1,01	297	1.078	0,0
8 Umkleiden, Kopierraum	23,4	584	1,01	438	4	0,0
10 ELT-Räume	23,4	584	1,01	438	3	0,0
11 Lager, Archiv	16,4	48	1,01	36	3	0,0
13 Halle	23,4	584	1,03	584	2.680	0,0
14 Gymnastikräume, Kondit	23,4	584	1,03	852	3.991	0,0

7 Sanitärräume: Energiebedarfskennwert "Lufterwärmung" interpoliert für rec = 72% ()

8 Umkleiden, Kopierraum: Energiebedarfskennwert "Lufterwärmung" interpoliert für rec = 72% ()

10 ELT-Räume: Energiebedarfskennwert "Lufterwärmung" interpoliert für rec = 72% ()

11 Lager, Archiv: Energiebedarfskennwert "Lufterwärmung" interpoliert für rec = 72% ()

13 Halle: Energiebedarfskennwert "Lufterwärmung" interpoliert für rec = 72% ()

14 Gymnastikräume, Kondition: Energiebedarfskennwert "Lufterwärmung" interpoliert für rec = 72% ()

Kennwerte für Zuluftkühlung im Juli

	Alt	q <sub>C,12h</sub> Wh/m <sup>3</sup>	f <sub>C</sub>	q <sub>C</sub> Wh/m <sup>3</sup>	Q <sub>V,C</sub> kWh	A <sub>K,A</sub> m <sup>2</sup>
10 ELT-Räume	-	68	0,98	49	0	0,0
13 Halle	-	68	0,90	59	273	0,0
14 Gymnastikräume, Kondit	-	68	0,90	87	406	0,0

10 ELT-Räume: Energiebedarfskennwert "Luftkühlung" interpoliert für rec = 72%

13 Halle: Energiebedarfskennwert "Luftkühlung" interpoliert für rec = 72%

14 Gymnastikräume, Kondition: Energiebedarfskennwert "Luftkühlung" interpoliert für rec = 72%

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

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

θ<sub>HC</sub> = korrigierte, mittlere Zulufttemperatur (berücksichtigt unterschiedliche Ventilatorabwärme)

q<sub>i,12h</sub>/ q<sub>i</sub> = Kennwerte für den Nutzenergiebedarf = F(Anlage-No, Bilanzgröße, Monat) nach Anhang A

f<sub>i</sub> = Korrekturfaktor für die tägliche Anlagenbetriebszeit nach Gl.37

Q<sub>V,i</sub> = monatlicher Nutzenergiebedarf für die Bilanzgröße i

A<sub>K,A</sub> = Oberfläche der Luftleitungen außerhalb der thermischen Hülle

#### 9.4 Energiebedarf für Zuluftvorwärmung

##### Zone 7 Sanitärräume

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q <sub>V,H</sub>	kWh	63	343	768	1.105	1.078	898	702	5.497
t <sub>h*,op</sub>	h	27	28	27	28	28	25	28	270
Q <sub>h*,b</sub>	kWh	69	377	845	1.216	1.186	988	773	6.047
		69	377	845	1.216	1.186	988	773	6.047

##### Zone 8 Umkleiden, Kopierraum

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q <sub>V,H</sub>	kWh	0	1	3	4	4	3	3	20
t <sub>h*,op</sub>	h	27	28	27	28	28	25	28	270
Q <sub>h*,b</sub>	kWh	0	1	3	4	4	3	3	20
		69	379	847	1.220	1.190	992	775	6.067

##### Zone 10 ELT-Räume

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Q <sub>V,H</sub>	kWh	0	1	2	3	3	2	2	13
t <sub>h*,op</sub>	h	27	28	27	28	28	25	28	270
Q <sub>h*,b</sub>	kWh	0	1	2	3	3	2	2	13
		69	380	849	1.223	1.193	994	777	6.081

### Zone 11 Lager, Archiv

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	1	-	1	3	3	2	1	14
$t_{h*,op}$	h	27	-	27	34	38	25	28	232
$Q_{h*,b}$	kWh	1	-	1	3	3	2	1	14
		70	380	851	1.226	1.196	996	778	6.095

### Zone 13 Halle

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	138	881	1.978	2.771	2.680	2.267	1.812	13.747
$t_{h*,op}$	h	35	36	35	36	36	33	36	353
$Q_{h*,b}$	kWh	151	969	2.175	3.049	2.948	2.493	1.994	15.121
		221	1.349	3.026	4.274	4.143	3.489	2.772	21.216

### Zone 14 Gymnastikräume, Kondition

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	205	1.312	2.945	4.127	3.991	3.376	2.699	20.527
$t_{h*,op}$	h	51	53	51	53	53	48	53	621
$Q_{h*,b}$	kWh	225	1.443	3.240	4.540	4.390	3.713	2.969	22.580
		447	2.792	6.266	8.814	8.533	7.203	5.741	43.796

### Nutzwärmebedarf $Q_{V,H}$ nach Heizbereichen [kWh]

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
1 Fußbodenheizu		295	1.823	4.090	5.766	5.586	4.709	3.747	28.675
2 Hallenheizung		151	969	2.175	3.049	2.948	2.493	1.994	15.121
		447	2.792	6.266	8.814	8.533	7.203	5.741	43.796

Wärmeerzeugung siehe Abs.13 Heizsysteme

mit  $Q_{V,H}$  = Nutzwärmebedarf der Zuluftvorwärmung,  $t_{h*,op}$  = Bedarfszeit der Heizregister und  $Q_{h*,b}$  = 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)

$Q_{h*,b}$  nach DIN V 18599-7, Gl.1, Übergabeverluste pauschal 10% (5.4.2)

Leitungsverluste mit  $A_{K,A}$  und  $f_{vh,d} = 16 \text{ W/m}^2$

## 9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

### Zone 10 ELT-Räume

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{V,C}$	kWh	-	-	-	-	-	0	0	1
$t_{c*,op}$	h	-	-	-	-	-	259	267	1.084
$Q_{c*,b}$	kWh	-	-	-	-	-	0	0	1
		-	-	-	-	-	0	0	1

### Zone 13 Halle

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{V,C}$	kWh	-	-	-	-	-	88	333	954
$t_{c*,op}$	h	-	-	-	-	-	316	349	1.394
$Q_{c*,b}$	kWh	-	-	-	-	-	88	333	954
		-	-	-	-	-	88	333	955

## Zone 14 Gymnastikräume, Kondition

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{V,C}$	kWh	-	-	-	-	-	131	496	1.421
$t_{c*,op}$	h	-	-	-	-	-	462	510	2.051
$Q_{c*,b}$	kWh	-	-	-	-	-	131	496	1.421
		-	-	-	-	-	220	829	2.376

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:

$$f_{T,c,T3 \text{ Abs.7.3,<4>}} = 0,984$$

$$f_{T,c,T3 \text{ Abs.7.3,<7>}} = 0,899$$

$$f_{T,c,T3 \text{ Abs.7.3,<8>}} = 0,899$$

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

## 9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

## 10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

### 10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (17), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

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

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	$E_m$ lx	$A_{TL}$ m <sup>2</sup>	$A_{RB}$ m <sup>2</sup>	Tageslicht	$C_{TL}$ %
1 0106-0 FF FE03 Ost	Ost 1	200	27,2	3,8	gering	61
2 0315-0 FF DOB01 Ost	Ost 3	100	13,5	4,7	gut	87
3 0319-0 FF FE01 Nord	Nord 3	100	60,2	26,0	gut	89
4 0320-0 FAW T02 Nord	Nord 3	100	12,0	19,0	gut	99
5 0321-0 FF FE01 West	West 3	100	92,0	38,3	gut	76
6 0323-0 FF DOB01 West	West 3	100	30,8	16,0	gut	91
7 0324-0 FF FE02 Ost	Ost 3	100	87,7	26,1	gut	86
8 0607-0 FF FE04 N-O	N-O 6	100	11,0	1,5	mittel	72
9 0614-0 FF FE03 Nord	Nord 6	100	6,3	6,1	gut	98
10 0706-0 FF FE01 Ost	Ost 7	300	622,2	150,8	mittel	65
11 0708-0 FF FE02 Ost	Ost 7	300	638,2	68,8	mittel	71
12 0710-0 FF FE01 West	West 7	300	162,0	132,4	gut	86
13 0711-0 FAW T02 West	West 7	300	11,8	17,3	gut	93
14 0804-0 FF FE03 West	West 8	300	71,1	28,6	gut	80
15 0807-0 FF FE03 Nord	Nord 8	300	79,1	12,4	gering	61
16 0810-0 FF DOB01 Ost	Ost 8	300	43,7	15,3	gut	91
17 0811-0 FF FE03 Ost	Ost 8	300	83,3	27,4	gut	77

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	$A_{NGF}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{KTL}$ [m <sup>2</sup> ]
7 Sanitärräume	242	27	215
8 Umkleiden, Kopierraum	180	-	180
9 Flure und TRH	1127	296	831
10 ELT-Räume	43	-	43

11 Lager, Archiv	610	-	610
12 Technik	439	17	422
13 Halle	1625	1.434	191
14 Gymnastikräume, Kondi	424	277	147

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

mit  $\alpha_{TL}$  = 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 Tageslichtbereichs

$ARB$  = Fensterfläche (Rohbaumaße),  $E_M$  = Wartungswert der Beleuchtungsstärke (Zonenrandbedingung)

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

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

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

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

## 10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich			CTL	CTL, kon	FTL	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun
						%	%	%	%	%	%
1	0106-0	FF FE03 Ost	1	61	72	63	58	54	51	50	49
2	0315-0	FF DOB01 Os	3	87	77	43	35	29	25	22	21
3	0319-0	FF FE01 Nor	3	89	80	39	31	24	20	17	16
4	0320-0	FAW T02 Nor	3	99	80	32	23	16	11	8	7
5	0321-0	FF FE01 Wes	3	76	80	48	41	36	32	29	29
6	0323-0	FF DOB01 We	3	91	80	38	29	23	18	16	15
7	0324-0	FF FE02 Ost	3	86	80	41	33	27	23	20	19
8	0607-0	FF FE04 N-O	6	72	77	53	46	41	38	36	35
9	0614-0	FF FE03 Nor	6	98	80	33	24	17	12	9	8
10	0706-0	FF FE01 Ost	7	65	77	58	52	47	44	42	42
11	0708-0	FF FE02 Ost	7	71	77	53	47	42	39	36	36
12	0710-0	FF FE01 Wes	7	86	80	41	33	27	23	20	19
13	0711-0	FAW T02 Wes	7	93	80	36	27	21	16	13	13
14	0804-0	FF FE03 Wes	8	80	80	45	38	32	28	25	25
15	0807-0	FF FE03 Nor	8	61	72	63	58	54	51	49	49
16	0810-0	FF DOB01 Os	8	91	80	38	29	23	18	16	15
17	0811-0	FF FE03 Ost	8	77	77	50	43	37	34	31	31

Kontrollsystem(e): autark nicht ausschaltend + nicht wiedereinschaltend

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

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

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

## 10.3 Kunstlichtversorgung

elektrische Anschlussleistung für Kunstlichtbereiche (8)

Tabellenverfahren, monatlich berechnet (Januar)

Bereich	Zone	$E_M$ lx	Lampen	$P_j$ W/m <sup>2</sup>	$f_{Prä}$ m <sup>2</sup>	$t_{T,TL}$ h/m	$t_{T,KTL}$ h/a	$t_N$ h/a	$Q_{l,b}$ kWh/m
1 7 Sanitärräume	1	200	9-1-1	3,6	0,55	67	1399	114	108
2 8 Umkleiden, Kopi	2	100	9-1-1	1,3	0,14	0	369	30	8
3 9 Flure und TRH	3	100	9-1-1	1,8	0,24	20	610	50	97
4 10 ELT-Räume	4	100	9-1-1	2,6	0,07	0	175	14	2
5 11 Lager, Archiv	5	100	9-1-1	2,6	0,07	0	175	14	26
6 12 Technik	6	100	9-1-1	2,6	0,07	6	175	14	18
7 13 Halle	7	300	9-1-1	3,7	0,71	74	1794	887	947
8 14 Gymnastikräume	8	300	9-1-1	3,7	1,00	143	3663	1812	553

1759

9-1-1 (0,49): LED-Leuchten, Vorschaltgerät EVG elektronisch, direkt,  $A_{KL} = 4.691 \text{ m}^2$   
 Präsenzmelder: Zonen 1/2/3/4/5/6/7/8/, Konstantlichtregelung: Zonen 1/2/3/4/5/6/7/8/

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

Zone	Sep kWh	Okt kWh	Nov kWh	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Jahr kWh
7 Sanitärräume	103	107	105	109	108	97	107	1.260
8 Umkleiden, K	8	8	8	8	8	7	8	95
9 Flure und TR	91	96	95	101	97	86	94	1.115
10 ELT-Räume	2	2	2	2	2	2	2	21
11 Lager, Arch	25	26	25	26	26	24	26	306
12 Technik	18	18	18	18	18	17	18	215
13 Halle	840	911	931	1.020	948	810	861	10.426
14 Gymnastikrä	502	536	541	584	553	481	516	6.192
	1.589	1.704	1.723	1.867	1.759	1.523	1.631	19.632

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

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

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

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

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

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

#### 11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

##### 11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)  
 Betrachtungsmonat Juli

Zone	$Q_{sink}$	$Q_{source}$	$\gamma$	$c_{wirk}$	$\tau$	$\eta$
7 Sanitärräume	10	13	1,280	50,000	14,87	0,575
8 Umkleiden, Kopierraum	11	4	0,372	50,000	56,31	0,993
9 Flure und TRH	61	106	1,733	50,000	66,48	0,562
10 ELT-Räume	3	1	0,275	50,000	54,45	0,997
11 Lager, Archiv	37	9	0,251	50,000	56,96	0,999
12 Technik	31	13	0,418	50,000	51,51	0,985
13 Halle	189	327	1,733	50,000	21,79	0,498
14 Gymnastikräume, Kondition	29	196	6,801	50,000	13,87	0,144

##### Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
$\Rightarrow Q_{C,b}$ (Raumklima)								
7 Sanitärräume	2	2	2	4	14	71	223	1.210
8 Umkleiden, K	-	-	-	-	-	-	0	1
9 Flure und TR	-	-	-	-	11	106	486	2.109
10 ELT-Räume	-	-	-	-	-	-	-	0
11 Lager, Arch	-	-	-	-	-	-	-	0
12 Technik	-	-	-	-	-	-	1	6
13 Halle	31	43	45	191	1.007	1.373	2.510	13.646
14 Gymnastikrä	1.438	1.515	1.493	2.363	3.868	4.794	5.518	41.858

$\Rightarrow Q_{C^*,b}$  (RLT)

10	ELT-Räume	-	-	-	-	0	0	1
13	Halle	-	-	-	-	88	333	954
14	Gymnastikrä	-	-	-	-	131	496	1.421

Kühlenergiebedarf der Raumklimasysteme  $Q_{C,b}$  und der RLT-Kühlregister  $Q_{C^*,b}$

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

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

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

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

Zone	$t_{C,\text{op,d}}$ h/d	$Q_{C,\text{max, Juli}}$ kW	$Q_{C,\text{max, Sept}}$ kW	techn. gekühlt
7 Sanitärräume	13	2,3	-1,0	nein
8 Umkleiden, Kopierraum	13	1,1	0,1	nein
9 Flure und TRH	13	21,6	14,3	nein
10 ELT-Räume	13	0,1	-0,1	ja
11 Lager, Archiv	13	2,7	-0,1	nein
12 Technik	13	2,9	0,3	nein
13 Halle	17	78,3	54,8	ja
14 Gymnastikräume, Konditio	17	25,0	17,3	ja
		134,0	85,6	

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

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

## 11.6 10 ELT-Räume

Erzeuger-Nutzkältebedarf

RLT-Klimasystem: Kältesystem Kaltwasser 10/16 °C (43 m²)

10 ELT-Räume

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

$\eta = (4 - \eta_{C^*,\text{ce}} - \eta_{C^*,\text{ce,sens}} - \eta_{C^*,\text{d}}) = 4 - 0,9 - 0,87 - 0,95 = 1,280$  (T7, Tab.13)

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

Raumklimasystem: nicht vorgesehen

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{C^*,b}$	kWh	-	-	-	-	-	0	0	1
$Q_{C^*,\text{outg}}$	kWh	-	-	-	-	-	0	0	1
$t_{C^*,\text{op}}$	h	-	-	-	-	-	259	267	1.084

Hilfsenergiebedarf

Kälteverteilung:  $W_{Z,\text{aux,d}}$  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  
Kälteleistung der Versorgungseinheit  $Q_Z = 0,1$  kW, Hilfsenergieaufwand  $W_{Z,d}$

weitere Hilfsenergien ...

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

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$W_{Z,d}$	kWh	-	-	-	-	-	0	0	1

W <sub>hr,f</sub>	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0
	kWh	0	0	0	0	0	0	0	1

#### Kälteerzeugung

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

Kältemaschine: (240) 0,1 kW luftgekühlte Kompressionskältemaschinen, Kältemittel R134a, Kaltwasseraustrittstemperatur 6 °C (KKM), Turboverdichter mit Inverterregelung (E), Nennkälteleistungszahl EER = 2,70 mit  $f_{C,B} = 1,1$  (Baujahr 2023)  
Teillast-Kennwerte  $PLV_{AV}$  nach Zonen, Tabellenwerte aus Anhang A:  
Kennwerttabellen für Nutzungsarten nach Tab. A.2  
10 ELT-Räume, RLT-System,  $PLV_{AV} = 1,61$

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

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{C*,outg}$	kWh	-	-	-	-	-	0	0	1
$Q_{C,f,el}$	kWh	-	-	-	-	-	0	0	0

#### 11.9 13 Halle

##### Erzeuger-Nutzkältebedarf

RLT-Klimasystem: Kältesystem Kaltwasser 10/16 °C (1.625 m<sup>2</sup>)

13 Halle

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

$\eta = (4 - \eta_{C*,ce} - \eta_{C*,ce,sens} - \eta_{C*,d}) = 4 - 0,9 - 0,87 - 0,95 = 1,280$  (T7, Tab.13)

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

Raumklimasystem: nicht vorgesehen

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{C*,b}$	kWh	-	-	-	-	-	88	333	954
$Q_{C*,outg}$	kWh	-	-	-	-	-	113	426	1.221
$t_{C*,op}$	h	-	-	-	-	-	316	349	1.394

##### 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  
Kälteleistung der Versorgungseinheit  $Q_Z = 65,1$  kW, Hilfsenergieaufwand  $W_{Z,d}$

weitere Hilfsenergien ...

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

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$W_{Z,d}$	kWh	-	-	-	-	-	38	145	415
$W_{hr,f}$	kWh	16	16	14	16	15	16	15	184
	kWh	16	16	14	16	15	54	160	599

#### Kälteerzeugung

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

Kältemaschine: (240) 65,1 kW luftgekühlte Kompressionskältemaschinen, Kältemittel R134a,

Kaltwasseraustrittstemperatur 6 °C (KKM), Turboverdichter mit Inverterregelung (E),  
 Nennkälteleistungszahl EER = 2,97 mit  $f_{C,B} = 1,1$  (Baujahr 2023)  
 Teillast-Kennwerte  $PLV_{AV}$  nach Zonen, Tabellenwerte aus Anhang A:  
 Kennwerttabellen für Nutzungsarten nach Tab. A.2  
 13 Halle, RLT-System,  $PLV_{AV} = 1,63$

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

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{C^*,outg}$	kWh	-	-	-	-	-	113	426	1.221
$Q_{C,f,el}$	kWh	-	-	-	-	-	23	88	252

#### 11.10 14 Gymnastikräume, Kondition

##### Erzeuger-Nutzkältebedarf

RLT-Klimasystem: Kältesystem Kaltwasser 10/16 °C (424 m²)

14 Gymnastikräume Kondition

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

Raumklimasystem: Raumkühlung Kaltwasser 10/16 (424 m²)

14 Gymnastikräume Kondition

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

$\eta = (4 - \eta_{C,ce} - \eta_{C,ce,sens} - \eta_{C,d}) = 4 - 1,0 - 0,87 - 0,9 = 1,230$  (T7, Tab.14)

Bedarfszeit der Raumkühlung  $t_{C,op}$  nach T2, Anhang D mit der Mindestauslastung  $\beta_{c,grenz} = 0,30$

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{C^*,b}$	kWh	-	-	-	-	-	131	496	1.421
$Q_{C^*,outg}$	kWh	-	-	-	-	-	159	600	1.719
$Q_{C,b}$	kWh	1.438	1.515	1.493	2.363	3.868	4.794	5.518	41.858
$Q_{C,outg}$	kWh	1.769	1.863	1.836	2.907	4.758	5.897	6.787	51.485
$t_{C^*,op}$	h	-	-	-	-	-	462	510	2.051
$t_{C,op}$	h	527	527	476	527	510	527	510	6.205

##### Hilfsenergiebedarf

Sekundärventilatoren zur Raumkühlung nicht vorgesehen

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, Gebäudekühlung

Kälteleistung der Versorgungseinheit  $Q_Z = 22,8$  kW, Hilfsenergieaufwand  $W_{Z,d}$

weitere Hilfsenergien ...

Pumpe eines Kreislaufverbundsystems zur WRG, geregelte Pumpe,  $W_{hr,f} = V_{Al} * 0,015 * t_{WRG} / 1000$

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$W_{Z,d}$	kWh	37	39	38	56	86	115	137	1.006
$W_{hr,f}$	kWh	23	23	21	23	23	23	23	275
	kWh	61	62	59	80	108	138	160	1.281

##### Kälteerzeugung

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

Kältemaschine: (240) 22,8 kW luftgekühlte Kompressionskältemaschinen, Kältemittel R134a,  
 Kaltwasseraustrittstemperatur 6 °C (KKM), Turboverdichter mit Inverterregelung (E),  
 Nennkälteleistungszahl EER = 2,97 mit  $f_{C,B} = 1,1$  (Baujahr 2023)  
 Teillast-Kennwerte  $PLV_{AV}$  nach Zonen, Tabellenwerte aus Anhang A:  
 Kennwerttabellen für Nutzungsarten nach Tab. A.2  
 14 Gymnastikräume, Kondition, RLT-System,  $PLV_{AV} = 1,69$   
 14 Gymnastikräume, Kondition, Raumklimasystem,  $PLV_{AV} = 1,69$

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

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{C^*,outg}$	kWh	-	-	-	-	-	159	600	1.719
$Q_{C,outg}$	kWh	1.769	1.863	1.836	2.907	4.758	5.897	6.787	51.485
$Q_{C,f,el}$	kWh	352	371	366	579	948	1.207	1.472	10.600

### 11.11 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	352	371	366	579	948	1.230	1.560	10.853
$Q_{C,aux}$	kWh	76	78	73	95	123	192	320	1.881
Strom-Mix	kWh	352	371	366	579	948	1.230	1.560	10.853

## 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
7 Sanitärräume	Schule mit Dusch	0,500	m <sup>2</sup> Klassenräu	1625	17.256
8 Umkleiden, Kopiererr	nicht relevant				-
9 Flure und TRH	nicht relevant				-
10 ELT-Räume	nicht relevant				-
11 Lager, Archiv	nicht relevant				-
12 Technik	nicht relevant				-
13 Halle	nicht relevant				-
14 Gymnastikräume, K	nicht relevant				-

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

c) Flächenbezug ist die Nettogrundfläche ANGf

### 12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme

Versorgungsbereich	Zonen (n)	$f_{Zapf}$	$Q_{w,b}$ kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	1/	1,00	203.175
2			

### 12.3 Verteilungsnetze

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1

Verteilssystem: Leitungslängen nach DIN V 18599-8:2018, Zirkulationsbetrieb an  $z = 24,0$  h/d

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

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

Umgebungstemperatur in der thermischen Hülle = Bilanzinnentemperatur

Zirkulationspumpe

Volumenstrom  $V = 0,00$  m<sup>3</sup>/h,  $\Delta p = 28,7$  kPa,  $P_{hydr} = 0,000$  kPa\*m<sup>3</sup>/h,  $e_{w,d,aux} = 1,4$

Elektrische Leistungsaufnahme  $P_p$  = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

	Verteilung (V)				Stränge (S)		Stichltg. (St)	
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1								
Leitungslängen $l_i$	0 m				0 m		60 m	
Wärmedurchgangskoeffizient $U_i$							0,255 W/(mK)	
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$							32,9 °C	
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$							19,9 °C	

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

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1

$Q_{w,b}$	kWh	16.699	17.256	16.699	17.256	17.256	15.586	17.256	203.175
$Q_{w,d,St}$	kWh	92	98	97	101	101	91	100	1.149
$Q_{w,d}$	kWh	92	98	97	101	101	91	100	1.149
$W_{w,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,w,d}$	kWh	92	98	97	101	101	91	100	1.149

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

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

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

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

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

## 12.4 Warmwasserspeicher

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1

nicht vorhanden

## 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 1

$Q_{w,outg}$	kWh	16.792	17.354	16.796	17.357	17.357	15.677	17.356	204.324
--------------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------

## 12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

## 12.8 Wärmeerzeugung

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1

Wärmeerzeuger 40 Fernwärme 154,0 kW (Nah-/Fernwärme HW, erneuerbar),  $f_p = 0,32$ , siehe

Heizbereich 1

Warmwasser, niedrige Temperatur 105°C, Temperatur der Sekundärseite (Hausstation) = 50 °C

Dämmklasse nach EN 12828 = 4, Umgebungstemperatur am Aufstellort  $\theta_l$  = Bilanzinnentemperatur

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 1									
$Q_{w,outg}$	kWh	16.792	17.354	16.796	17.357	17.357	15.677	17.356	204.324
$Q_{w,g}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{w,f}$	kWh	16.792	17.354	16.796	17.357	17.357	15.677	17.356	204.324

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	16.792	17.354	16.796	17.357	17.357	15.677	17.356	204.324
$Q_{w,f}$	kWh	16.792	17.354	16.796	17.357	17.357	15.677	17.356	204.324
$W_{w,f}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Nah-/Fernw	kWh	16.792	17.354	16.796	17.357	17.357	15.677	17.356	204.324
$Q_{I,w,<1>}$	kWh/d	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,3	3,2	

$Q_{w,outg} / Q_{w,f}$  = 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	$V_{mech}$ $\text{m}^3/\text{h}$	$Q_{V,mech}$ kW	$\Phi_{h,max}$ kW
7 Sanitärräume	2,3	1,2	3632	15,8	19,3
8 Umkleiden, Kopierraum	2,7	1,2	9	0,0	3,9
9 Flure und TRH	15,5	5,8	0	0,0	21,3
10 ELT-Räume	0,6	0,3	6	0,0	1,0
11 Lager, Archiv	8,4	4,1	99	0,4	13,0
12 Technik	7,2	3,2	0	0,0	10,4
13 Halle	40,1	21,9	4635	20,2	82,2
14 Gymnastikräume, Konditio	7,3	2,3	4676	19,1	28,7

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

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

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

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

$$\Phi_{h,max} = Q_{T,max} + 0.5 \cdot Q_{V,max} + Q_{V,mech} = \text{erforderliche Heizleistung in der Gebäudezone (T2 Gl.B.4)}$$

### 13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 Fußbodenheizung Nasssystem		*	172.815	97,6	154,0
2 Hallenheizung Fußbodenheizung		7/	130.772	82,2	86,2
3					
* = 1/2/3/4/5/6/8/					

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

<2> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich,  $n \leq 10$ , Minstdämmung, Bedeckung  $\leq 10\text{cm}$ ,  $\Delta\theta_{emb} = 1,0\text{ °K}$ ,  $\theta_{str} = 0,1\text{ K/m}$ ,  $\Delta\theta_{str} = 0,36\text{ °K}$ , Pi-Regler nicht zertifiziert

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
$Q_{h,b}, <1>$	kWh	4.604	12.329	20.368	25.919	25.444	21.543	18.668	144.140
$Q_{h^*,b}, <1>$	kWh	295	1.823	4.090	5.766	5.586	4.709	3.747	28.675
$Q_{h,b}, <2>$	kWh	830	7.860	17.954	24.853	24.046	19.919	14.724	115.650
$Q_{h^*,b}, <2>$	kWh	151	969	2.175	3.049	2.948	2.493	1.994	15.121

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

### 13.3 Heizzeiten

#### (1) Bereich "Fußbodenheizung Nasssystem", Leitzone 8 Umkleiden, Kopierraum

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <2>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	8.526
$t_{h,rL,d} <2>$	h/d	13	13	16	18	17	17	16	
$d_{h,rB} <2>$	d/m	21	23	24	26	26	23	25	270
$t_{h,rL} <2>$	h/m	270	308	389	462	460	400	391	3.994

#### (2) Bereich "Hallenheizung Fußbodenheizung", Leitzone 13 Halle

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <7>$	h/m	239	744	720	744	744	672	744	5.650
$t_{h,rL,d} <7>$	h/d	17	17	17	17	17	17	17	
$d_{h,rB} <7>$	d/m	7	23	24	26	26	23	25	187
$t_{h,rL} <7>$	h/m	117	395	414	448	447	399	424	3.187

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

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

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

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

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

### 13.4 Heizwärmeübergabe

#### (1) Fußbodenheizung Nasssystem

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich,  $n \leq 10$ , System Nasssystem, Raumtemperaturregelung Pi-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)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (Gl.34) (12,5%)

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

(2) Hallenheizung Fußbodenheizung

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich,  $n \leq 10$ , Minstdämmung, Bedeckung  $\leq 10\text{cm}$ ,

$\Delta\vartheta_{emb} = 1,0^\circ\text{K}$ ,  $\vartheta_{str} = 0,1^\circ\text{K/m}$ ,  $\Delta\vartheta_{str} = 0,36^\circ\text{K}$ , Pi-Regler nicht zertifiziert

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta\vartheta_{ce} = 0,2+1,0+0,3556+1,2 = 2,76^\circ\text{K}$  (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} \cdot \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (Gl.34) (19,9%)

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<b>(1) Fußbodenheizung Nasssystem</b>									
$Q_{h,b}$	kWh	4.604	12.329	20.368	25.919	25.444	21.543	18.668	144.140
$Q_{h,ce}$	kWh	1.299	2.026	2.278	2.437	2.404	2.132	2.164	18.016
<b>(2) Hallenheizung Fußbodenheizung</b>									
$Q_{h,b}$	kWh	830	7.860	17.954	24.853	24.046	19.919	14.724	115.650
$Q_{h,ce}$	kWh	524	2.454	3.574	4.051	3.943	3.450	3.054	22.972
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	7.256	24.669	44.175	57.260	55.836	47.044	38.611	300.779

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

### 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 "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 2

Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{Nutz,Heizbereich} = 3065,5$

$\text{m}^2$ , Geschosshöhe i.M. = 5,00 m, 3 Geschosse. manuell

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\vartheta_{VA} = 34^\circ\text{C} / \vartheta_{RA} = 30^\circ\text{C}$ ,  $T_{i,Soll,<2>} = 21,0^\circ\text{C}$

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

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 52 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

(2) Hallenheizung Fußbodenheizung

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 2

Etagenverteiltertyp, Flächenheizung, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{Nutz,Heizbereich} = 1625,4$

$\text{m}^2$ , Geschosshöhe i.M. = 15,30 m, 1 Geschosse.

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\vartheta_{VA} = 40^\circ\text{C} / \vartheta_{RA} = 30^\circ\text{C}$ ,  $T_{i,Soll,<7>} = 19,0^\circ\text{C}$

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

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 25 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger,

Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
<b>(1) Fußbodenheizung Nasssystem</b>			
Leitungslängen $l_i$	550,1 m	82,7 m	- m
Wärmedurchgangszahlen $U_i$	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C
<b>(2) Hallenheizung Fußbodenheizung</b>			
Leitungslängen $l_i$	916,9 m	53,1 m	- m
Wärmedurchgangszahlen $U_i$	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	20,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<b>(1) Fußbodenheizung Nasssystem</b>								
$\beta_{h,d}$	0,08	0,20	0,32	0,39	0,38	0,36	0,29	
$\theta_{VL,av}$ °C	22,4	24,0	25,6	26,5	26,4	26,1	25,2	
$\theta_{RL,av}$ °C	21,9	23,1	24,2	24,8	24,8	24,6	23,9	
$Q_{h,d}$ kWh	76	142	251	345	338	281	232	1.974
$W_{h,d}$ kWh	46	77	111	139	137	116	105	920
$Q_{I,h,d}$ kWh	76	142	251	345	338	281	232	1.974

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

<b>(2) Hallenheizung Fußbodenheizung</b>								
$\beta_{h,d}$	0,07	0,17	0,36	0,47	0,46	0,42	0,29	
$\theta_{VL,av}$ °C	20,8	23,2	27,4	29,6	29,3	28,6	25,8	
$\theta_{RL,av}$ °C	20,0	21,2	23,4	24,6	24,4	24,0	22,6	
$Q_{h,d}$ kWh	9	169	439	625	604	496	351	2.773
$W_{h,d}$ kWh	4	19	32	42	41	34	28	219
$Q_{I,h,d}$ kWh	9	169	439	625	604	496	351	2.770

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 =  $\sum l_i \cdot U_i (\theta_{HK,m} - \theta_{l,i}) \cdot t_{h,rL,i} / 1000$  [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	7.788	27.771	51.131	67.044	65.311	55.023	44.934	349.322
---------------	-----	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------

## (2) Hallenheizung Fußbodenheizung

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: nicht vorgesehen

### 13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

### 13.9 Heizungswärmepumpen

nicht vorgesehen

### 13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1) (2)

(1) "Fußbodenheizung Nasssystem", Zonen 1/2/3/4/5/6/8 ( $A_{NGF} = 3.066 \text{ m}^2$ )

Heizung Fern- und Nahwärme, Warmwasser 105°C

Fernwärmestation  $P_n = 154,0 \text{ KW}$  (Nah-/Fernwärme HW, erneuerbar),  $f_p = 0,32$

Temperatur der Sekundärseite der FW-Hausstation  $\theta_{sec,DS} = \theta_{HK,m}$  (monatlich)

Umgebungstemperatur am Aufstellort  $T_u 19,0 \text{ °C}$ , Dämmklasse nach EN 12828 = 4

Wärmeverlust  $Q_{h,gen}$  der Fernwärme-Hausstation nach Gl.242 ff

(2) "Hallenheizung Fußbodenheizung", Zonen 7 ( $A_{NGF} = 1.625 \text{ m}^2$ )

Wärmeerzeugung siehe Heizbereich (1) Fußbodenheizung Nasssystem

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

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

$$Q_{l,h,gen} = \text{ungeregelte Wärmeinträge durch Wärmeerzeuger in der thermischen Hülle, Gl.191}$$

#### (1) Fußbodenheizung Nasssystem

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	7.788	27.771	51.131	67.044	65.311	55.023	44.934	349.322
$Q_{h,gen}$	kWh	82	85	83	86	86	78	86	1.001
$Q_{h,f}$	kWh	7.870	27.857	51.214	67.130	65.398	55.101	45.020	350.322
$W_{h,gen}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

### 13.11 Endenergie Heizwärme

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,f}$	kWh	7.870	27.857	51.214	67.130	65.398	55.101	45.020	350.322
$W_h$	kWh	50	96	144	181	177	151	133	1.139

Nah-/Fernw	kWh	7.870	27.857	51.214	67.130	65.398	55.101	45.020	350.322
Q <sub>I,h,&lt;1&gt;</sub>	kWh/d	0,2	0,4	0,7	0,9	0,9	0,8	0,6	
Q <sub>I,h,&lt;2&gt;</sub>	kWh/d	0,2	0,3	0,5	0,7	0,6	0,6	0,4	
Q <sub>I,h,&lt;3&gt;</sub>	kWh/d	0,9	1,7	3,1	4,1	4,0	3,7	2,8	
Q <sub>I,h,&lt;4&gt;</sub>	kWh/d	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	
Q <sub>I,h,&lt;5&gt;</sub>	kWh/d	0,5	0,9	1,7	2,2	2,2	2,0	1,5	
Q <sub>I,h,&lt;6&gt;</sub>	kWh/d	0,4	0,7	1,2	1,6	1,6	1,4	1,1	
Q <sub>I,h,&lt;7&gt;</sub>	kWh/d	0,3	5,4	14,6	20,2	19,5	17,7	11,3	
Q <sub>I,h,&lt;8&gt;</sub>	kWh/d	0,4	0,6	1,2	1,5	1,5	1,4	1,0	

Q<sub>h,f</sub> = Endenergiebedarf Heizung = Q<sub>h,b</sub> + Q<sub>h,ce</sub> + Q<sub>h,d</sub> + Q<sub>h,s</sub> + Q<sub>h,g</sub> - Q<sub>h,sol</sub> (Gl.4)

W<sub>h</sub> = Hilfsenergiebedarf = W<sub>h,ce</sub> + W<sub>h,d</sub> + W<sub>h,s</sub> + W<sub>h,gen</sub> (Gl.6)

Q<sub>I,h</sub> = unregelmäßige Wärmeeinträge = Q<sub>I,h,d</sub> + Q<sub>I,h,s</sub> + Q<sub>I,h,g</sub> (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 GEG 2023 und DIN V 18599-9:2018

Peakleistung 191,61 kWp, quadratmeterbezogen 191,61 / (4690,9) = 0,041 kWp/m²

PV-Module West 13 ° Standort Deutschland (Potsdam)

Strom im örtlichen Zusammenhang erzeugt, vorrangig im Gebäude genutzt

Strombedarf für Klimakälte Beleuchtung Hilfsenergie

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
Strombedarf	kWh	4.911	4.767	4.454	4.626	4.535	4.054	4.588	58.805
Stromangebot	kWh	24.683	15.464	6.025	3.414	5.824	7.982	19.481	289.157
anrechenbar	kWh	4.911	4.767	4.454	3.414	4.535	4.054	4.588	57.594

Jahres-Stromproduktion = 289.157 kWh/a, Strombedarf = 58.805 kWh/a, anrechenbar = 57.594 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	*	350.322	0,32	1,00	112.103
Nah-/Fernwär	Warmwasser	1/	204.324	0,32	1,00	65.384
Strom-Mix	Klimakälte	4/7/8/	10.853	1,80	1,00	19.535
Strom-Mix	Beleuchtung	**	19.632	1,80	1,00	35.337
Strom-Mix	Hilfsenergie		28.321	1,80	1,00	50.978
Strom-Mix	Stromgutschrift		-57.594	1,80	1,00	-103.669
Σ [kWh/Jahr]			555.858			179.668

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

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

Q<sub>P</sub> = Σ Q<sub>f,i</sub> \* f<sub>P,i</sub> / f<sub>HS/Hi,i</sub> (DIN V 18599-1, Gl.22)

Jahres-Primärenergiebedarf  $q_P = 179.668 / 4.691 = \mathbf{38,3 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}}$  ( $\Sigma A_{NGF} = 4.691 \text{ m}^2$ )  
 Endenergie (brennwertbezogen) = Jahressummen aus den Prozessbereichen  
 $f_P$  = Primärenergiefaktoren energieträgerbezogen nach DIN V 18599-1, Tab.A.1  
 Endenergiebedarf: Hilfsenergie 6,0 kWh/(m²a), Nah-/Fernwärme HW, erneuerbar 118,2 kWh/(m²a),  
 Strom-Mix 6,5 kWh/(m²a), Stromgutschrift [Strom-Mix] -12,3 kWh/(m²a)

#### Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m² a)
Nah-/Fernwärme HW, e	350.322	95	33.281	
Nah-/Fernwärme HW, e	204.324	95	19.411	
Strom-Mix	10.853	560	6.078	
Strom-Mix	19.632	560	10.994	
Strom-Mix	28.321	560	15.860	
Strom-Mix	-57.594	560	-32.253	
	555.858		53.370	11,4

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

#### 14.3 Endenergiebedarf nach Zonen

siehe Abschnitt Zone	m²	RLT 9 kWh/a	Beleucht. 10 kWh/a	Klima 11 kWh/a	Warmwasser 12 kWh/a	Heizung 13 kWh/a	Summe kWh/a
7 Sanitärräume	242	-	1.260	-	204.324	13.838	219.422
8 Umkleiden, Kopi	180	-	95	-	-	18.602	18.697
9 Flure und TRH	1.127	-	1.115	-	-	83.061	84.176
10 ELT-Räume	43	-	21	0	-	3.048	3.070
11 Lager, Archiv	610	-	306	-	-	41.793	42.100
12 Technik	439	-	215	-	-	33.981	34.196
13 Halle	1.625	-	10.426	252	-	155.964	166.642
14 Gymnastikräume	424	-	6.192	10.600	-	70	16.862
Gebäude	4.691	-	19.631	10.853	204.324	350.357	585.165

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

#### 14.4 Aufteilung des Energiebedarfs für den Energieausweis

	RLT kWh/m²a	Beleucht. kWh/m²a	Klima kWh/m²a	Warmwasser kWh/m²a	Heizung kWh/m²a	Summe kWh/m²a
Nutzenergiebedarf	5,4	4,2	12,3	43,3	64,7	129,9
Endenergiebedarf	5,4	4,2	2,7	43,6	74,9	130,8
Primärenergiebedarf	9,7	7,5	4,9	13,9	24,3	60,4

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

### 15.0 Nachweise

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

#### 15.1 Nachweis der thermischen Hülle

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

#### 15.2 Nachweis des Primärenergiebedarfs

Höchstwert des grundflächenbezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs nach GEG '20, § 18  
zul  $q_{P,REF} = 167,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , aus der Referenzberechnung  
zul  $q_P = 167,6 - 45\% = 92,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , geforderte Unterschreitung nach GEG §18 und GEG-Novelle 2023  
vorh  $q_P = 179.668 / 4690,9 = 38,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

vorh  $q_P = 38,3 \leq 92,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , **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 =  $565499 + 0 + 0 = 565.499 \text{ kWh/Jahr}$  (mit Solar-, Umweltenergie- und Abwärmenutzung)

darin enthaltene Deckungsanteile aus erneuerbaren Energiequellen oder Ersatzmaßnahmen  
Der Energieertrag aus folgenden Prozessen wird nicht bilanziert: [Kälte-4] [Kälte-7] [Kälte-8]  
genutzte Fernwärme zu 91% aus erneuerbarer Energie

Energiequelle	Energieertrag kWh/a	Deckungsanteil		Nutzungs- anteil
		erzielt	gefordert	
Fernwärme [Heizwärme] [War	554.647	89,3 %	50,0 %	178,6 %
PV-Strom [PV-Strom]	57.594	10,2 %	15,0 %	68,0 %
				246,6 %

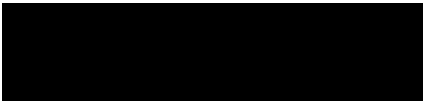
#### Maßnahmen zur Einsparung von Energie

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

		Grenzwert	erzielt	Unterschreitung		Nutzungs-
				erzielt	gefordert	anteil
U-Werte	W/ (m²K)	1,50	1,01	32,5 %	15,0 %	216,4 %

erreichter Nutzungsanteil, Summe =  $463,0 \% \geq$  Nutzungspflichtanteil =  $100 \%$

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



**Anhang D**

**Bilanzierung Referenzgebäude nach DIN V 18599**

S:\B\Proj\164\B164704\B164704\_16\_BER\_1D.DOCX:05.06.2023



# Energetische Bewertung von Gebäuden

## Projekt: Schulcampus Deisenhofen - Mehrzweckhalle

Maßgebende Normen und Verordnungen:

GEG 2020

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

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

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

DIN EN ISO 13789:2007, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:2018, Wärmetransfer über das Erdreich

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

### Gebäudeberechnung "Gebäude-Referenz2020"

Nachweisverfahren

Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach GEG 2020, §§ 18 und 19 und Anlage 2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und der mittleren, bauteilbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten mit den Änderungen des Gebäudeenergiegesetzes zum 1.1.2023 (BGBl vom 28. Juli 2022)

berechnet mit den Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599:2018

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

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

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

Zone	Typ	$t_{\text{nutz}}$ d/a	$\vartheta_i$ °C	$\vartheta_{i, \text{WE}}$ °C	$A_{\text{NGF}}$ m <sup>2</sup>	$V_i$ m <sup>3</sup>
7 Sanitärräume	216 WC und Sanit	250	19,9	17,8	242	605
8 Umkleiden, Kopierraum	218 Nebenflächen	250	20,2	17,6	180	451
9 Flure und TRH	219 Verkehrsfläch	250	20,1	17,5	1127	3830
10 ELT-Räume	220 Lager, Techn	250	16,2	14,1	43	162
11 Lager, Archiv	220 Lager, Techn	250	16,2	14,1	610	2471
12 Technik	220 Lager, Techn	250	16,2	14,1	439	1696
13 Halle	231 Turnhalle (o	250	17,8	15,0	1625	22073
14 Gymnastikräume, Konditio	235 Fitnessraum	365	19,3		424	1812
					4.691	33.100

Gebäude,  $A_{\text{NGF}} = 4690,9 \text{ m}^2$

Typ = Nutzungstyp nach DIN V 18599-10

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

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

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

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

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

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

$\vartheta_i$  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

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
Zone 1 Sanitärräume						
0701-0 GB03	1:0	106,3	0,350	L <sub>S</sub>	74 53 33	7,9
0702-0 DA01 Ost	1:0	118,5	0,200	1,00 F <sub>D</sub>	51 02	23,7
0703-0 GB03r	1:0	97,8	0,350	L <sub>S</sub>	53 33	7,2
0704-0 GW01	1:0	83,5	0,350	L <sub>S</sub>	53 38	
0705-0 AW05 Ost	1:0	38,2	0,280	1,00 F <sub>AW</sub>	51 02	10,7
0706-0 FE03 Ost	1:0	3,8	1,300	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	4,9
0707-0 DA02 West	1:0	7,8	0,200	1,00 F <sub>D</sub>	51 02	1,6
Zone 2 Umkleide, Kopiererr						
0801-0 GB03	2:0	57,5	0,350	L <sub>S</sub>	74 53 33	4,3
0802-0 GB03r	2:0	143,1	0,350	L <sub>S</sub>	53 33	10,6
0803-0 GW01	2:0	132,4	0,350	L <sub>S</sub>	53 38	
0804-0 DA01 Ost	2:0	200,6	0,200	1,00 F <sub>D</sub>	51 02	40,1
0805-0 DA02 West	2:0	13,2	0,200	1,00 F <sub>D</sub>	51 02	2,6
Zone 3 Flure und TRH						
0901-0 T03 West	3:0	8,6	1,800	1,00 F <sub>AW</sub>	51 09	15,5
0902-0 AW04 Nord	3:0	159,5	0,280	1,00 F <sub>AW</sub>	51 02	44,7
0903-0 DA01	3:0	37,8	0,200	1,00 F <sub>D</sub>	51 02	7,6
0904-0 GB03r	3:0	32,3	0,350	L <sub>S</sub>	53 33	2,4
0905-0 DA01 N-O	3:0	11,5	0,200	1,00 F <sub>D</sub>	51 02	2,3
0906-0 GB03	3:0	666,4	0,350	L <sub>S</sub>	74 53 33	49,4
0907-0 TW01 West	3:0	90,7	0,280	1,00 F <sub>AW</sub>	51	25,4
0908-0 AW05 West	3:0	50,2	0,280	1,00 F <sub>AW</sub>	51 02	14,1
0909-0 AW04 West	3:0	8,1	0,280	1,00 F <sub>AW</sub>	51 02	2,3
0910-0 AW07 Nord	3:0	5,3	0,280	1,00 F <sub>AW</sub>	51 02	1,5
0911-0 T01 Nord	3:0	3,5	1,800	1,00 F <sub>AW</sub>	51 09 02	6,3
0912-0 AW07 Süd	3:0	5,3	0,280	1,00 F <sub>AW</sub>	51 02	1,5
0913-0 T01 Süd	3:0	10,3	1,800	1,00 F <sub>AW</sub>	51 09 02	18,5
0914-0 DA01 Ost	3:0	177,8	0,200	1,00 F <sub>D</sub>	51 02	35,6
0915-0 DOB01 Ost	3:0	4,7	1,400	1,00 F <sub>F</sub>	51 70 02	6,6
0916-0 AW05 Süd	3:0	12,0	0,280	1,00 F <sub>AW</sub>	51 02	3,4
0917-0 GW01	3:0	19,5	0,350	L <sub>S</sub>	53 38	
0918-0 AW07 West	3:0	61,9	0,280	1,00 F <sub>AW</sub>	51 02	17,3
0919-0 FE01 Nord	3:0	26,0	1,300	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	33,8
0920-0 T02 Nord	3:0	19,0	1,800	1,00 F <sub>F</sub>	51 09 02	34,2
0921-0 FE01 West	3:0	38,3	1,300	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	49,8
0922-0 AW04 Ost	3:0	20,2	0,280	1,00 F <sub>AW</sub>	51 02	5,7
0923-0 DOB01 West	3:0	16,0	1,400	1,00 F <sub>F</sub>	51 70 02	22,4
0924-0 FE02 Ost	3:0	26,1	1,300	1,00 F <sub>F</sub>	51 02	33,9
0925-0 DA02 West	3:0	128,9	0,200	1,00 F <sub>D</sub>	51 02	25,8
0926-0 DA02 Ost	3:0	18,1	0,200	1,00 F <sub>D</sub>	51 02	3,6
Zone 4 ELT-Räume						
1001-0 AW04 Nord	4:0	22,9	0,350	1,00 F <sub>AW</sub>	50 02	8,0
1002-0 GB01	4:0	32,3	0,350	L <sub>S</sub>	74 50 33	2,4
1003-0 DA01 Ost	4:0	24,8	0,350	1,00 F <sub>D</sub>	50 02	8,7
1004-0 DA02 Ost	4:0	7,6	0,350	1,00 F <sub>D</sub>	50 02	2,7
Zone 5 Lager, Archiv						
1101-0 GB03r	5:0	50,8	0,350	L <sub>S</sub>	53 33	3,8
1102-0 TW01 Nord	5:0	5,3	0,350	1,00 F <sub>AW</sub>	50	1,9

1103-0	AW06 Süd	5:0	18,6	0,350	1,00	FAW	50 02	6,5
1104-0	T01 Süd	5:0	6,7	2,900	1,00	FAW	50 09 02	19,4
1105-0	TW01 West	5:0	142,1	0,350	1,00	FAW	50	49,7
1106-0	TW01 Süd	5:0	5,3	0,350	1,00	FAW	50	1,9
1107-0	AW04 West	5:0	32,2	0,350	1,00	FAW	50 02	11,3
1108-0	AW07 Süd	5:0	8,9	0,350	1,00	FAW	50 02	3,1
1109-0	AW07 Nord	5:0	8,8	0,350	1,00	FAW	50 02	3,1
1110-0	AW07 Ost	5:0	62,4	0,350	1,00	FAW	50 02	21,8
1111-0	DA01 Ost	5:0	229,2	0,350	1,00	FD	50 02	80,2
1112-0	GB03	5:0	498,2	0,350		LS	74 50 33	36,9
1113-0	T01 Ost	5:0	8,4	2,900	1,00	FAW	50 09 02	24,4
1114-0	AW05 Ost	5:0	36,8	0,350	1,00	FAW	50 02	12,9
1115-0	AW05 West	5:0	18,7	0,350	1,00	FAW	50 02	6,5
1116-0	DA02 West	5:0	19,4	0,350	1,00	FD	50 02	6,8
1117-0	DA02 Ost	5:0	20,8	0,350	1,00	FD	50 02	7,3
1118-0	AW04 Nord	5:0	24,0	0,350	1,00	FAW	50 02	8,4

#### Zone 6 Technik

1201-0	T03 West	6:0	2,7	2,900	1,00	FAW	50 09	7,8
1202-0	GW01	6:0	241,7	0,350		LS	53 38	
1203-0	TW01 West	6:0	25,7	0,350	1,00	FAW	50	9,0
1204-0	DA01	6:0	301,0	0,350	1,00	FD	50 02	105,3
1205-0	AW04 Nord	6:0	52,2	0,350	1,00	FAW	50 02	18,3
1206-0	AW05 N-O	6:0	3,6	0,350	1,00	FAW	50 02	1,3
1207-0	FE04 N-O	6:0	1,5	1,900	1,00	FF	50 02	2,9
1208-0	DA01 N-O	6:0	35,6	0,350	1,00	FD	50 02	12,5
1209-0	GB01r	6:0	190,5	0,350		LS	53 33	14,1
1210-0	DA01 Ost	6:0	99,8	0,350	1,00	FD	50 02	34,9
1211-0	GB01	6:0	265,1	0,350		LS	74 53 33	19,6
1212-0	AW05 Ost	6:0	8,3	0,350	1,00	FAW	50 02	2,9
1213-0	DA02 West	6:0	3,5	0,350	1,00	FD	50 02	1,2
1214-0	FE03 Nord	6:0	6,1	1,900	1,00	FF	50 02	11,6
1215-0	DA02 Ost	6:0	12,6	0,350	1,00	FD	50 02	4,4

#### Zone 7 Halle

1301-0	GB02	7:0	1169,9	0,350		LS	74 53 33	86,7
1302-0	GB02r	7:0	142,0	0,350		LS	53 33	10,5
1303-0	AW06 Süd	7:0	469,7	0,280	1,00	FAW	51 02	131,5
1304-0	T01 Süd	7:0	13,5	1,800	1,00	FAW	51 09 02	24,3
1305-0	AW04 Ost	7:0	264,5	0,280	1,00	FAW	51 02	74,1
1306-0	FE01 Ost	7:0	150,8	1,300	1,00	FF	51 02	196,0
1307-0	DA02 Ost	7:0	777,8	0,200	1,00	FD	51 02	155,6
1308-0	FE02 Ost	7:0	68,8	1,300	1,00	FF	51 02	89,4
1309-0	AW04 West	7:0	200,4	0,280	1,00	FAW	51 02	56,1
1310-0	FE01 West	7:0	132,4	1,300	1,00	FF	51 02	172,1
1311-0	T02 West	7:0	17,3	1,800	1,00	FF	51 09 02	31,1
1312-0	DE03	7:0	1,8	0,280	1,00	FAW	51 82	0,5
1313-0	DA02 West	7:0	929,2	0,200	1,00	FD	51 02	185,8

#### Zone 8 Gymnastikräume, K

1401-0	GB03	8:0	52,7	0,350		LS	74 53 33	3,9
1402-0	AW05 West	8:0	12,0	0,280	1,00	FAW	51 02	3,4
1403-0	DE03	8:0	37,8	0,280	1,00	FAW	51 82	10,6
1404-0	FE03 West	8:0	28,6	1,300	1,00	FF	51 02	37,2
1405-0	AW04 Nord	8:0	57,3	0,280	1,00	FAW	51 02	16,0
1406-0	DA02 West	8:0	169,8	0,200	1,00	FD	51 02	34,0
1407-0	FE03 Nord	8:0	12,4	1,300	1,00	FF	51 02	16,1
1408-0	DA02 Ost	8:0	225,9	0,200	1,00	FD	51 02	45,2
1409-0	AW05 Ost	8:0	17,6	0,280	1,00	FAW	51 02	4,9
1410-0	DOB01 Ost	8:0	15,3	1,400	1,00	FF	51 70 02	21,4

1411-0 FE03 Ost 8:0 27,4 1,300 1,00 FF 51 02 35,6

$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 9.712,6$   $\Sigma H_T \text{ [W/K]} = 2.592,4$

#### Anmerkungen zur Hüllflächen-Tabelle

- 01 Temperatur-Korrekturfaktoren ( $F_X$ -Faktoren) nach DIN V 18599-2, Tab.5
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 09 Außentür
- 82 Geschossdecke gegen Außenluft
- 33 Der thermische Leitwert  $L_S$  des beheizten Kellers wurde nach EN ISO 13370 gesondert berechnet (sh. Bauteilberechnung).
- 38 Der Leitwert des (Wand)bauteils ist bereits im Leitwert des beheizten Kellers enthalten
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,05 W/(m²K) pauschal berücksichtigt.
- 53 Der Einfluss der Wärmebrücken wird nicht berücksichtigt, da er im U-Wert des Bauteils enthalten ist oder gesondert bilanziert wird.
- 70 Dachflächenfenster
- 74 Die Hüllfläche wird im mittleren U-Wert nach Hüllflächengruppen (Abs.5.2.3) nicht berücksichtigt.

#### 2.1 Wärmebrücken

Berechnung mit pauschalen Zuschlägen (siehe Hüllflächentabelle)

Wärmebrückenzuschläge ohne Temperaturkorrektur

$H_{T,WB} = 426,2 \text{ W/K}$  (16,4 %, 0,044 W/(m²K)), Bilanzierung im Abschnitt "2.2 Transferkoeffizienten"

#### 2.2 Temperaturgewichtete Transferkoeffizienten

Transferkoeffizienten Transmission	$H_{T,D}$ W/K	$H_{T,s}$ W/K	$H_{T,iu}$ W/K	$\Sigma H_T$ W/K	$H_{T,iz}$ W/K	$H_{T,zi}$ W/K
7 Sanitärräume	49	15	0	64	0	0
8 Umkleiden, Kopierraum	53	15	0	68	0	0
9 Flure und TRH	459	52	0	510	0	0
10 ELT-Räume	28	2	0	31	0	0
11 Lager, Archiv	380	41	0	420	0	0
12 Technik	267	34	0	301	0	0
13 Halle	1268	97	0	1365	0	0
14 Gymnastikräume, Kondit	255	4	0	259	0	0
	2759	260		3019		

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

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

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

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

spezifischer, auf die Umfassungsflächen bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient

$H'_{T,vorh} = (H_{T,D} + F_X \cdot H_{T,iu} + F_X \cdot H_{T,s}) / A = 3.018,6 / 10.189,7 = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

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

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

Nettoraumvolumen  $> 1.500 \text{ m}^3 \Rightarrow n_{50} = q_{50} \cdot \Sigma A / V = 2 \cdot 9713 / 33100 = 0,59 \text{ (Gl.68)}$

Windschutzkoeffizienten für mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade

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

Gebäude ohne Außenluftdurchlässe

Mit bedarfsabhängiger Außenluft-Volumenstromregelung nach T7, Abs.5.8 (Anlagenautomation mit Präsenzmeldern) für die Zonen 14 Gymnastikräume Kondition

Luftaustausch zwischen Gebäudezonen nicht relevant

Zone	ALD	n50 h <sup>-1</sup>	V <sub>A</sub> /V <sub>d</sub> c m <sup>3</sup> / (m <sup>2</sup> h)	Luftwechsel		Fenster	Lüftungsanlage	
				n <sub>n</sub> utz h <sup>-1</sup>	n <sub>i</sub> nf h <sup>-1</sup>	n <sub>w</sub> in h <sup>-1</sup>	n <sub>m</sub> ,ZUL h <sup>-1</sup>	t <sub>v</sub> ,m h/d
7 Sanitärräume	-	1,23	15,00	6,00	0,09	0,10	6,00	13
8 Umkleiden, Kopie	-	1,84	0,15	0,06	0,13	0,10	0,02	13
9 Flure und TRH	-	1,28	0,00	0,00	0,09	0,10	-	-
10 ELT-Räume	-	1,08	0,15	0,04	0,08	0,10	0,04	13
11 Lager, Archiv	-	0,97	0,15	0,04	0,07	0,10	0,04	13
12 Technik	-	1,78	0,15	0,04	0,12	0,10	-	-
13 Halle	-	0,39	3,00	0,22	0,03	0,10	0,22	17
14 Gymnastikräume,	-	0,72	11,05	2,58	0,05	0,10	2,58	17

⇒ WE-Betrieb ...

7 Sanitärräume	0,00	0,00	0,09	0,10
8 Umkleiden, Kopierraum	0,00	0,00	0,13	0,10
9 Flure und TRH	0,00	0,00	0,09	0,10
10 ELT-Räume	0,00	0,00	0,08	0,10
11 Lager, Archiv	0,00	0,00	0,07	0,10
12 Technik	0,00	0,00	0,12	0,10
13 Halle	0,00	0,00	0,03	0,10

Zone <1> RLT-Anlage (203) mit  $V_{SUP}/ETA = 3633 / 3633$  m<sup>3</sup>/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <2> RLT-Anlage (203) mit  $V_{SUP}/ETA = 9 / 9$  m<sup>3</sup>/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <4> RLT-Anlage (203) mit  $V_{SUP}/ETA = 6 / 6$  m<sup>3</sup>/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <5> RLT-Anlage (203) mit  $V_{SUP}/ETA = 92 / 92$  m<sup>3</sup>/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <7> RLT-Anlage (203) mit  $V_{SUP}/ETA = 4876 / 4876$  m<sup>3</sup>/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

Zone <8> RLT-Anlage (203) mit  $V_{SUP}/ETA = 4683 / 4683$  m<sup>3</sup>/h, nutzungsabhängig, balanciert, WRG60

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

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

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

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

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

mit  $n_{win,min} = 0.1$ , in Wohngebäuden  $n_{win,min}$  = saisonal nach Gl.77

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

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

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

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

Transferkoeffizienten	V	$H_{V,z,Jan}$	$H_{V,inf}$	$H_{V,win}$	$\Sigma H_V$	$H_{V,m}^{mech}$	$\theta_{V,Jan}$
Lüftung	m <sup>3</sup>	W/K	W/K	W/K	W/K	W/K	°C
7 Sanitärräume	605	0	18	21	38	670	18,0
8 Umkleiden, Kopiererr	451	0	20	15	35	2	18,0
9 Flure und TRH	3.830	0	117	130	247	0	
10 ELT-Räume	162	0	4	6	10	1	18,0
11 Lager, Archiv	2.471	0	57	84	141	17	18,0
12 Technik	1.696	0	72	58	130	0	
13 Halle	22.073	0	207	750	957	1175	18,0
14 Gymnastikräume, K	1.812	0	31	62	93	1128	18,0
		0	525	1125	1651	2992	

⇒ WE-Betrieb ...

7 Sanitärräume	0	18	21	38
8 Umkleiden, Kopierraum	0	20	15	35
9 Flure und TRH	0	117	130	247
10 ELT-Räume	0	4	6	10

11 Lager, Archiv	0	57	84	141
12 Technik	0	72	58	130
13 Halle	0	207	750	957
	0	494	1064	1558

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

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

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

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

$\vartheta_V$  = 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	$A_g$ $m^2$	$I_S$ , Jan/Jul $W/m^2$	$g_{\text{eff}}$ , Jan/Jul %	$Q_S$ , Jan/Jul $kWh/d$
0706-0 FE03 Ost	1	2,66	25/ 138	26/ 26 7100	0,4/ 2,2
0915-0 DOB01 Ost	3	3,29	29/ 210	44/ 44 "	1,0/ 7,3
0919-0 FE01 Nord	3	18,20	10/ 81	26/ 26 "	1,1/ 9,0
0920-0 T02 Nord	3	13,30	10/ 81	44/ 44 "	1,4/ 11,3
0921-0 FE01 West	3	26,81	17/ 117	26/ 15 7106s	2,8/ 11,1
0923-0 DOB01 West	3	11,20	25/ 188	44/ 44 7100	2,9/ 22,1
0924-0 FE02 Ost	3	18,27	25/ 138	26/ 26 "	2,8/ 15,4
1207-0 FE04 N-O	6	1,05	11/ 112	44/ 44 "	0,1/ 1,2
1214-0 FE03 Nord	6	4,27	10/ 81	44/ 44 "	0,4/ 3,6
1306-0 FE01 Ost	7	105,56	25/ 138	26/ 15 7106s	16,2/ 51,5
1308-0 FE02 Ost	7	48,16	25/ 138	26/ 26 7100	7,4/ 40,7
1310-0 FE01 West	7	92,68	17/ 117	26/ 15 7106s	9,6/ 38,4
1311-0 T02 West	7	12,11	17/ 117	44/ 44 7100	2,2/ 14,9
1404-0 FE03 West	8	20,02	17/ 117	26/ 15 7106s	2,1/ 8,3
1407-0 FE03 Nord	8	8,68	10/ 81	26/ 26 7100	0,5/ 4,3
1410-0 DOB01 Ost	8	10,71	31/ 205	44/ 44 "	3,5/ 23,0
1411-0 FE03 Ost	8	19,18	25/ 138	26/ 15 7106s	2,9/ 9,4
		416,30			57/ 274

Strahlungsintensitäten für den Standort "4 Potsdam (Deutschland)"

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

verwendete Verglasungen und Sonnenschutzvorrichtungen

7100: aus dem Bauteilbezug, ohne Sonnenschutz

7106: aus dem Bauteilbezug, vertikale Markise, grau

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

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

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

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

Bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen in Nichtwohnzonen werden parallel zur baulichen Verschattung mit

$g_{\text{eff}} = F_W \cdot F_V \cdot (a \cdot g_{\text{tot}} + (1-a) \cdot g_{\perp})$  bewertet (Gl. 115), der kleinere Wert  $g_{\text{eff}}$  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)	$\alpha$	$h_r$ W/ (m <sup>2</sup> K)	$I_{S, Jul}$ W/m <sup>2</sup>	$Q_{S, Jul}$ kWh/d
0702-0 DA01 Ost	O 1	118,5	0,20	0,60	4,50	210	1,8
0705-0 AW05 Ost	O 1	38,2	0,28	0,60	4,50	138	0,6
0707-0 DA02 West	W 1	7,8	0,20	0,60	4,50	188	0,1
0804-0 DA01 Ost	O 2	200,6	0,20	0,60	4,50	210	3,1
0805-0 DA02 West	W 2	13,2	0,20	0,60	4,50	188	0,2
0902-0 AW04 Nord	N 3	159,5	0,28	0,60	4,50	81	1,1
0903-0 DA01	- 3	37,8	0,20	0,60	4,50	210	0,6
0905-0 DA01 N-O	NO 3	11,5	0,20	0,60	4,50	210	0,2
0908-0 AW05 West	W 3	50,2	0,28	0,60	4,50	117	0,6
0909-0 AW04 West	W 3	8,1	0,28	0,60	4,50	117	0,1
0910-0 AW07 Nord	N 3	5,3	0,28	0,60	4,50	81	0,0
0911-0 T01 Nord	N 3	3,5	1,80	0,60	4,50	81	0,2
0912-0 AW07 Süd	S 3	5,3	0,28	0,60	4,50	113	0,1
0913-0 T01 Süd	S 3	10,3	1,80	0,60	4,50	113	0,8
0914-0 DA01 Ost	O 3	177,8	0,20	0,60	4,50	210	2,8
0916-0 AW05 Süd	S 3	12,0	0,28	0,60	4,50	113	0,1
0918-0 AW07 West	W 3	61,9	0,28	0,60	4,50	117	0,8
0922-0 AW04 Ost	O 3	20,2	0,28	0,60	4,50	138	0,3
0925-0 DA02 West	W 3	128,9	0,20	0,60	4,50	188	1,7
0926-0 DA02 Ost	O 3	18,1	0,20	0,60	4,50	205	0,3
1001-0 AW04 Nord	N 4	22,9	0,35	0,60	4,50	81	0,2
1003-0 DA01 Ost	O 4	24,8	0,35	0,60	4,50	210	0,7
1004-0 DA02 Ost	O 4	7,6	0,35	0,60	4,50	205	0,2
1103-0 AW06 Süd	S 5	18,6	0,35	0,60	4,50	113	0,3
1104-0 T01 Süd	S 5	6,7	2,90	0,60	4,50	113	0,8
1107-0 AW04 West	W 5	32,2	0,35	0,60	4,50	117	0,5
1108-0 AW07 Süd	S 5	8,9	0,35	0,60	4,50	113	0,1
1109-0 AW07 Nord	N 5	8,8	0,35	0,60	4,50	81	0,1
1110-0 AW07 Ost	O 5	62,4	0,35	0,60	4,50	138	1,3
1111-0 DA01 Ost	O 5	229,2	0,35	0,60	4,50	210	6,2
1113-0 T01 Ost	O 5	8,4	2,90	0,60	4,50	138	1,4
1114-0 AW05 Ost	O 5	36,8	0,35	0,60	4,50	138	0,7
1115-0 AW05 West	W 5	18,7	0,35	0,60	4,50	117	0,3
1116-0 DA02 West	W 5	19,4	0,35	0,60	4,50	188	0,4
1117-0 DA02 Ost	O 5	20,8	0,35	0,60	4,50	205	0,5
1118-0 AW04 Nord	N 5	24,0	0,35	0,60	4,50	81	0,2
1204-0 DA01	- 6	301,0	0,35	0,60	4,50	210	8,2
1205-0 AW04 Nord	N 6	52,2	0,35	0,60	4,50	81	0,5
1206-0 AW05 N-O	NO 6	3,6	0,35	0,60	4,50	112	0,1
1208-0 DA01 N-O	NO 6	35,6	0,35	0,60	4,50	210	1,0
1210-0 DA01 Ost	O 6	99,8	0,35	0,60	4,50	210	2,7
1212-0 AW05 Ost	O 6	8,3	0,35	0,60	4,50	138	0,2
1213-0 DA02 West	W 6	3,5	0,35	0,60	4,50	188	0,1
1215-0 DA02 Ost	O 6	12,6	0,35	0,60	4,50	205	0,3
1303-0 AW06 Süd	S 7	469,7	0,28	0,60	4,50	113	5,7
1304-0 T01 Süd	S 7	13,5	1,80	0,60	4,50	113	1,1
1305-0 AW04 Ost	O 7	264,5	0,28	0,60	4,50	138	4,3
1307-0 DA02 Ost	O 7	777,8	0,20	0,60	4,50	205	11,6
1309-0 AW04 West	W 7	200,4	0,28	0,60	4,50	117	2,6
1313-0 DA02 West	W 7	929,2	0,20	0,60	4,50	188	12,1
1402-0 AW05 West	W 8	12,0	0,28	0,60	4,50	117	0,2
1405-0 AW04 Nord	N 8	57,3	0,28	0,60	4,50	81	0,4
1406-0 DA02 West	W 8	169,8	0,20	0,60	4,50	188	2,2
1408-0 DA02 Ost	O 8	225,9	0,20	0,60	4,50	205	3,4
1409-0 AW05 Ost	O 8	17,6	0,28	0,60	4,50	138	0,3
5.293,2							86,4

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

$\alpha$  = 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/(m²K)  
 $\Delta\vartheta_{er}$  = 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 ...								
7 Sanitärräume	41	28	10	6	13	13	34	480
8 Umkleiden, K	-	-	-	-	-	-	-	-
9 Flure und TR	1.531	962	393	229	373	502	1.214	16.707
10 ELT-Räume	-	-	-	-	-	-	-	-
11 Lager, Arch	-	-	-	-	-	-	-	-
12 Technik	72	45	22	12	18	28	57	908
13 Halle	3.990	2.617	961	587	1.096	1.231	3.276	37.786
14 Gymnastikrä	1.060	688	262	156	280	340	858	10.762
über opake ...								
7 Sanitärräume	31	4	-	-	-	-	16	436
8 Umkleiden, K	38	1	-	-	-	-	16	553
9 Flure und TR	130	38	1	-	9	4	68	1.715
10 ELT-Räume	10	0	-	-	-	-	4	170
11 Lager, Arch	186	60	1	-	11	4	107	2.362
12 Technik	145	7	-	-	-	-	64	2.154
13 Halle	600	229	4	-	60	24	337	7.149
14 Gymnastikrä	70	4	-	-	-	-	29	1.063
	7.905	4.683	1.653	990	1.859	2.147	6.080	82.247

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

Zone	AB m²	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
7 Sanitärräume	242	-	-	0,0	0,0
8 Umkleiden, Kopierraum	180	-	-	0,0	0,0
9 Flure und TRH	1127	-	-	0,0	0,0
10 ELT-Räume	43	-	-	0,0	0,0
11 Lager, Archiv	610	-	-	0,0	0,0
12 Technik	439	-	-	0,0	0,0
13 Halle	1625	102,4	-	0,0	102,4
14 Gymnastikräume, Kondition	424	111,9	10,2	0,0	122,1

⇒ WE-Betrieb ...

7 Sanitärräume	-	-	0,0	0,0
8 Umkleiden, Kopierraum	-	-	0,0	0,0
9 Flure und TRH	-	-	0,0	0,0
10 ELT-Räume	-	-	0,0	0,0
11 Lager, Archiv	-	-	0,0	0,0
12 Technik	-	-	0,0	0,0
13 Halle	-	-	0,0	0,0

#### ungeregelte Wärmeeinträge im Januar

Zone	Leuchtenabluft m³/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
7 Sanitärräume	0,0	15,2	10,7	3,3	0,0
8 Umkleiden, Kopierraum	0,0	1,0	8,0	0,0	0,0
9 Flure und TRH	0,0	14,1	49,8	0,0	0,0
10 ELT-Räume	0,0	0,2	1,9	0,0	0,0
11 Lager, Archiv	0,0	3,3	26,9	0,0	0,0
12 Technik	0,0	2,4	19,4	0,0	0,0

13 Halle	0,0	128,3	12,5	0,0	0,0
14 Gymnastikräume, Kondition	0,0	58,6	18,7	0,0	0,0

$A_B$  = Bezugsfläche für die internen Wärmequellen / -senken

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

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

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

$Q_I$  = Summe der internen Wärmequellen / -senken, Tageswert

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

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

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

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

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

## 6.0 Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (DIN V 18599-2)

Betrachtungsmonat Januar

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

Zone	$\Sigma H_T$ W/K	$\Sigma H_v$ W/K	$\Sigma H_{v,mech}$ W/K	$Q_{sink}$ kWh/d	$Q_{source}$ kWh/d	$\gamma$
7 Sanitärräume	64	38	670	88	33	0,374
8 Umkleiden, Kopierraum	68	35	2	56	11	0,192
9 Flure und TRH	510	247	0	395	86	0,217
10 ELT-Räume	31	10	1	16	2	0,149
11 Lager, Archiv	420	141	17	231	35	0,153
12 Technik	301	130	0	176	25	0,145
13 Halle	1365	957	1175	1006	281	0,280
14 Gymnastikräume, Kondition	259	93	1128	190	208	1,096

Zone	$C_{wirk}$ Wh/(m²K)	H W/K	$\tau$ h	a	$\eta$	$\eta_{WE}$
7 Sanitärräume	50	772	15,68	1,98	0,906	1,000
8 Umkleiden, Kopierraum	50	105	85,94	6,37	1,000	1,000
9 Flure und TRH	50	758	74,41	5,65	1,000	1,000
10 ELT-Räume	50	41	51,42	4,21	1,000	1,000
11 Lager, Archiv	50	578	52,78	4,30	1,000	1,000
12 Technik	50	431	50,98	4,19	1,000	1,000
13 Halle	50	3497	23,24	2,45	0,968	1,000
14 Gymnastikräume, Kondition	50	1480	14,32	1,90	0,624	

$\Sigma H_T = H_{T,D} + H_{T,s} + H_{T,iu}$  = 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/(m²K) bei schweren Bauweisen mit normalen Raumhöhen und ohne Innenverkleidungen, bezogen auf einen m² 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
$T_e$	d/m	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	°C	1,0	1,9	4,7	9,2	14,1	16,7	19,0	18,6	14,3	9,5	4,1	0,9
⇒ Zonen ...													
$T_{i,1}$	°C	19,9	19,9	20,1	20,3	20,6	20,8	20,9	20,9	20,6	20,4	20,1	19,9
$T_{i,2}$	°C	20,2	20,2	20,3	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,3	20,2
$T_{i,3}$	°C	20,1	20,2	20,3	20,5	20,7	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,3	20,1
$T_{i,4}$	°C	16,2	16,3	16,4	16,6	16,9	17,0	17,1	17,1	16,9	16,6	16,4	16,2
$T_{i,5}$	°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
$T_{i,6}$	°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
$T_{i,7}$	°C	17,8	17,8	18,0	18,3	18,7	18,8	19,0	19,0	18,7	18,3	18,0	17,8
$T_{i,8}$	°C	19,3	19,4	19,5	19,6	19,8	19,9	20,0	19,9	19,8	19,6	19,4	19,3
⇒ WE-Betrieb ...													
$T_{i,1}$	°C	17,8	17,9	18,4	19,1	19,9	20,3	20,7	20,6	19,9	19,1	18,3	17,7
$T_{i,2}$	°C	17,6	17,7	18,2	19,0	19,8	20,3	20,7	20,6	19,8	19,0	18,1	17,5
$T_{i,3}$	°C	17,5	17,6	18,1	18,9	19,8	20,2	20,6	20,6	19,8	19,0	18,0	17,5
$T_{i,4}$	°C	14,1	14,2	14,7	15,6	16,5	16,9	17,4	17,3	16,5	15,6	14,6	14,1
$T_{i,5}$	°C	14,1	14,2	14,8	15,6	16,5	16,9	17,4	17,3	16,5	15,6	14,6	14,1
$T_{i,6}$	°C	14,1	14,2	14,7	15,6	16,5	16,9	17,4	17,3	16,5	15,6	14,6	14,0
$T_{i,7}$	°C	15,0	15,0	15,0	16,1	17,6	18,3	19,0	18,9	17,6	16,2	15,0	15,0
$T_{i,8}$	°C	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	19,0	19,7	19,6	18,8	18,8	18,8	18,8

### 7.1 Zone 7 Sanitärräume

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

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

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

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 17,8 \text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0 \text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{\text{source}}$		0,823	0,905	0,908	0,906	0,906	0,907	0,905	0,746
$\eta_{\text{source,WE}}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,981
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	128	201	208	215	215	194	215	1.894
$t_h$	h	493	703	720	744	744	672	744	6.215
$Q_{h,b,RE}$	kWh	457	1.017	1.138	1.238	1.231	1.096	1.142	8.511
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	18	104	160	155	126	82	645
$Q_T$	kWh	283	502	714	877	873	753	711	5.886
$Q_V$	kWh	589	1.068	1.103	1.161	1.161	1.043	1.135	7.517
$Q_S^*$	kWh	63	30	9	6	12	12	47	661
$Q_I^*$	kWh	373	505	588	666	659	576	576	5.140

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

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

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

solare Wärmegewinne  $Q_S^* = Q_{S^*} \eta$  und interne Wärmegewinne  $Q_I^* = Q_I \eta$

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

## 7.2 Zone 8 Umkleiden, Kopierraum

Regelbetrieb (68,5%)

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,997
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,994
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	89	158	155	160	160	144	160	1.437
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	7.861
$Q_{h,b,RE}$	kWh	314	602	815	977	968	837	793	6.445
$Q_{h,b,WE}$	kWh	25	61	152	212	209	173	135	1.014
$Q_T$	kWh	302	536	762	937	932	804	760	6.285
$Q_V$	kWh	156	277	393	482	480	414	392	3.235
$Q_S^*$	kWh	38	1	-	-	-	-	16	548
$Q_I^*$	kWh	81	149	221	274	270	230	207	1.730

## 7.3 Zone 9 Flure und TRH

Regelbetrieb (68,5%)

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,985	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,892
$\eta_{source,WE}$		0,985	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,865
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	894	999	966	999	999	902	999	10.136
$t_h$	h	493	744	720	744	744	672	744	6.117
$Q_{h,b,RE}$	kWh	1.520	3.542	5.471	6.767	6.631	5.625	4.861	38.929
$Q_{h,b,WE}$	kWh	-	309	1.120	1.608	1.546	1.244	817	6.644
$Q_T$	kWh	2.251	3.991	5.676	6.976	6.941	5.988	5.657	46.811
$Q_V$	kWh	1.090	1.934	2.750	3.380	3.363	2.901	2.741	22.680
$Q_S^*$	kWh	1.637	999	394	229	382	505	1.281	14.853
$Q_I^*$	kWh	645	1.089	1.535	1.881	1.848	1.577	1.445	12.171

## 7.4 Zone 10 ELT-Räume

Regelbetrieb (68,5%)

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,996	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,832
$\eta_{source,WE}$		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,841
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	9	26	36	38	38	34	38	254
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	6.512
$Q_{h,b,RE}$	kWh	35	142	244	309	306	260	233	1.683
$Q_{h,b,WE}$	kWh	6	27	55	79	78	64	48	379
$Q_T$	kWh	54	155	258	332	330	281	254	1.885

QV	kWh	16	48	81	104	104	88	80	588
Q <sub>S</sub> <sup>*</sup>	kWh	10	0	–	–	–	–	4	101
Q <sub>I</sub> <sup>*</sup>	kWh	19	35	52	65	64	54	49	390

### 7.5 Zone 11 Lager, Archiv

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,985	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,777
$\eta_{source,WE}$		0,997	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,787
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	128	370	523	541	541	488	541	3.647
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	6.560
$Q_{h,b,RE}$	kWh	454	1.928	3.357	4.257	4.203	3.593	3.214	23.181
$Q_{h,b,WE}$	kWh	68	352	731	1.066	1.042	860	645	5.064
Q <sub>T</sub>	kWh	743	2.133	3.551	4.580	4.551	3.880	3.499	25.993
Q <sub>V</sub>	kWh	229	703	1.177	1.520	1.511	1.288	1.160	8.441
Q <sub>S</sub> <sup>*</sup>	kWh	184	60	1	–	11	4	107	1.321
Q <sub>I</sub> <sup>*</sup>	kWh	265	499	741	922	908	773	694	5.500

### 7.6 Zone 12 Technik

Regelbetrieb (68,5%)

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

Wochenendbetrieb (31,5%)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,972	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999	0,768
$\eta_{source,WE}$		0,989	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,771
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	94	268	376	389	389	351	389	2.749
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	6.318
$Q_{h,b,RE}$	kWh	322	1.494	2.616	3.328	3.286	2.786	2.456	17.867
$Q_{h,b,WE}$	kWh	38	285	597	863	845	689	510	4.012
Q <sub>T</sub>	kWh	532	1.527	2.542	3.278	3.258	2.777	2.504	18.603
Q <sub>V</sub>	kWh	229	657	1.094	1.411	1.403	1.196	1.078	8.010
Q <sub>S</sub> <sup>*</sup>	kWh	213	51	22	12	18	28	121	1.603
Q <sub>I</sub> <sup>*</sup>	kWh	188	358	532	661	652	555	498	3.932

### 7.7 Zone 13 Halle

Regelbetrieb (68,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 17,8\text{ °C}$  und  $Q_I = 102,4\text{ kWh/d}$

Wochenendbetrieb (31,5%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 15,0\text{ °C}$  und  $Q_I = 0,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,674	0,874	0,956	0,971	0,968	0,964	0,924	0,697
$\eta_{source,WE}$		0,829	0,991	1,000	1,000	1,000	1,000	0,994	0,751
$\Delta Q_{C,b,WE}$	kWh	1.627	1.440	1.393	1.440	1.440	1.301	1.440	13.988
$t_h$	h	455	744	720	744	744	672	744	6.156

Q <sub>h,b,RE</sub>	kWh	1.791	6.107	12.082	16.122	15.701	13.150	10.357	81.847
Q <sub>h,b,WE</sub>	kWh	-	1.316	4.067	6.078	5.813	4.724	2.981	25.173
Q <sub>T</sub>	kWh	3.976	8.306	12.713	16.292	16.190	13.798	12.557	98.701
Q <sub>V</sub>	kWh	3.179	6.029	8.895	11.321	11.250	9.583	8.810	71.744
Q <sub>S</sub> *	kWh	3.317	2.592	935	575	1.130	1.224	3.418	26.636
Q <sub>I</sub> *	kWh	3.119	4.336	4.833	5.278	5.121	4.490	4.612	41.233

### 7.8 Zone 14 Gymnastikräume, Kondition

Regelbetrieb (100,0%)

mit  $\vartheta_{h,Jan} = 19,3\text{ °C}$  und  $Q_I = 122,0\text{ kWh/d}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$\eta_{source}$		0,376	0,488	0,588	0,629	0,624	0,612	0,553	0,459
$t_h$	h	720	744	720	744	744	672	744	7.861
Q <sub>h,b,RE</sub>	kWh	360	814	1.496	1.989	1.940	1.616	1.285	10.898
Q <sub>h,b,WE</sub>	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
Q <sub>T</sub>	kWh	1.023	1.947	2.853	3.542	3.523	3.032	2.837	22.827
Q <sub>V</sub>	kWh	1.827	2.063	2.188	2.377	2.374	2.115	2.238	24.271
Q <sub>S</sub> *	kWh	425	338	154	98	175	208	491	4.577
Q <sub>I</sub> *	kWh	2.065	2.865	3.463	3.927	3.859	3.371	3.301	31.924

### 7.9 Summe Heizwärmebedarf

	Q <sub>T</sub> kWh/a	Q <sub>V</sub> kWh/a	Q <sub>S</sub> *	Q <sub>I</sub> *	Q <sub>h,b</sub> kWh/a	Q <sub>h,b</sub> kWh/(m²a)
7 Sanitärräume	5.886	7.517	661	5.140	9.156	37,8
8 Umkleiden, Kopier	6.285	3.235	548	1.730	7.459	41,4
9 Flure und TRH	46.811	22.680	14.853	12.171	45.573	40,4
10 ELT-Räume	1.885	589	101	390	2.062	48,5
11 Lager, Archiv	25.993	8.441	1.321	5.500	28.246	46,3
12 Technik	18.603	8.010	1.603	3.932	21.879	49,8
13 Halle	98.701	71.744	26.636	41.233	107.021	65,8
14 Gymnastikräume,	22.827	24.271	4.577	31.924	10.898	25,7
	226.991	146.486	50.301	102.020	232.293	49,5

## 9.0 RLT-Systeme (DIN V 18599-3)

### 9.1 Gewählte RLT-Anlagen

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

Zone	Feuchteanf.	No Anlage	Komponenten	$\theta_{SUP, Jan}$ °C
7 Sanitärräume	-	203 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0
8 Umkleiden, Kopierraum	-	203 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0
10 ELT-Räume	-	203 RLT-Anlage	VE LH LK rec60	18,0
11 Lager, Archiv	-	203 RLT-Anlage	VE LH rec60	18,0
13 Halle	-	203 RLT-Anlage	VE LH LK rec60	18,0
14 Gymnastikräume, Konditio	mT	203 RLT-Anlage	VE LH LK rec60	18,0

Zone <1> RLT-Anlage (203) mit  $V_{SUP}/ETA = 3633 / 3633 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec60  
 Zone <2> RLT-Anlage (203) mit  $V_{SUP}/ETA = 9 / 9 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec60  
 Zone <4> RLT-Anlage (203) mit  $V_{SUP}/ETA = 6 / 6 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec60  
 Zone <5> RLT-Anlage (203) mit  $V_{SUP}/ETA = 92 / 92 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec60  
 Zone <7> RLT-Anlage (203) mit  $V_{SUP}/ETA = 4876 / 4876 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec60  
 Zone <8> RLT-Anlage (203) mit  $V_{SUP}/ETA = 4683 / 4683 \text{ m}^3/\text{h}$ , nutzungsabhängig, balanciert, rec60

Feuchteanforderung  $mT / oT = \text{mit / ohne Toleranz (Nutzungsrandbedingung)}$   
 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  
 $\theta_{SUP}$  mittlere Zulufttemperatur im Betrachtungsmonat nach Tab. 5/6

## 9.2 Strombedarf der Ventilatoren

	$V_{mech,m}$ $\text{m}^3/\text{h}$	$tv \cdot dv$ $\text{h}/\text{m}$	$PV, SUP$ $\text{kW}$	$PV, ETA$ $\text{kW}$	$W_V, Jan$ $\text{kWh}$
7 Sanitärräume	3633	276	1,82	1,31	864
8 Umkleiden, Kopierraum	9	276	0,00	0,00	2
10 ELT-Räume	6	276	0,00	0,00	1
11 Lager, Archiv	92	276	0,05	0,03	22
13 Halle	4876	361	2,44	1,76	1.516
14 Gymnastikräume, Konditio	4683	527	2,34	1,69	2.125

### monatliche Werte $W_V [\text{kWh}]$

	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
7 Sanitärräume	836	864	836	864	864	780	864	10.168
8 Umkleiden, Ko	2	2	2	2	2	2	2	23
10 ELT-Räume	1	1	1	1	1	1	1	16
11 Lager, Archi	21	22	21	22	22	20	22	257
13 Halle	1.467	1.516	1.467	1.516	1.516	1.369	1.516	17.847
14 Gymnastikräu	2.057	2.125	2.057	2.125	2.125	1.920	2.125	25.025
	4.384	4.530	4.384	4.530	4.530	4.091	4.530	53.335

$V_{mech,m}$  = Zuluft- / Abluft-Volumenstrom, Regelwert = Luftwechselzahl \* Luftvolumen  
 $tv \cdot dv$  = monatliche Betriebsstunden der RLT-Anlage =  $h/\text{Tag} \cdot \text{Tage} \cdot \text{Nutzungsanteil im Regelbetrieb}$   
 $PV, SUP / PV, ETA$  = elektrische Leistungsaufnahme  $[\text{kW}]$  der Zuluft- und Abluft-Ventilatoren  
 $W_V$  = 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

	$\theta_{HC}$ $^{\circ}\text{C}$	$q_{H, 12h}$ $\text{Wh}/\text{m}^3$	$f_H$	$q_H$ $\text{Wh}/\text{m}^3$	$Q_{V, H}$ $\text{kWh}$	$A_{K, A}$ $\text{m}^2$
7 Sanitärräume	19,4	466	1,01	349	1.269	0,0
8 Umkleiden, Kopierraum	19,4	466	1,01	349	3	0,0
10 ELT-Räume	19,4	466	1,01	349	2	0,0
11 Lager, Archiv	19,4	466	1,01	349	32	0,0
13 Halle	19,4	466	1,03	466	2.271	0,0
14 Gymnastikräume, Kondit	19,4	466	1,03	680	3.184	0,0

Kennwerte für Zuluftkühlung im Juli

	Alt	$q_{C, 12h}$ $\text{Wh}/\text{m}^3$	$f_C$	$q_C$ $\text{Wh}/\text{m}^3$	$Q_{V, C}$ $\text{kWh}$	$A_{K, A}$ $\text{m}^2$
10 ELT-Räume	-	551	0,98	401	2	0,0
13 Halle	-	551	0,90	481	2.346	0,0

14 Gymnastikräume, Kondit - 551 0,90 703 3.290 0,0

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 7 Sanitärräume

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	30	365	814	1.288	1.269	1.026	735	6.524
$t_{h^*,op}$	h	27	28	27	28	28	25	28	325
$Q_{h^*,b}$	kWh	33	401	895	1.417	1.396	1.129	809	7.176
		33	401	895	1.417	1.396	1.129	809	7.176

##### Zone 8 Umkleiden, Kopierraum

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	0	1	2	3	3	3	2	16
$t_{h^*,op}$	h	27	28	27	28	28	25	28	325
$Q_{h^*,b}$	kWh	0	1	2	3	3	3	2	16
		33	402	898	1.420	1.399	1.132	810	7.192

##### Zone 10 ELT-Räume

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	-	1	1	2	2	2	1	10
$t_{h^*,op}$	h	-	28	27	28	28	25	28	243
$Q_{h^*,b}$	kWh	-	1	1	2	2	2	1	10
		33	403	899	1.422	1.401	1.133	812	7.202

##### Zone 11 Lager, Archiv

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	1	9	21	33	32	26	19	165
$t_{h^*,op}$	h	27	28	27	28	28	25	28	325
$Q_{h^*,b}$	kWh	1	9	23	36	35	29	20	178
		34	412	922	1.458	1.436	1.162	832	7.380

##### Zone 13 Halle

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	29	614	1.457	2.305	2.271	1.837	1.316	10.784
$t_{h^*,op}$	h	35	36	35	36	36	33	36	425
$Q_{h^*,b}$	kWh	32	675	1.603	2.536	2.498	2.021	1.447	11.863
		66	1.087	2.524	3.993	3.934	3.183	2.279	19.243

##### Zone 14 Gymnastikräume, Kondition

		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{V,H}$	kWh	41	861	2.043	3.232	3.184	2.576	1.845	15.122
$t_{h^*,op}$	h	51	53	51	53	53	48	53	621
$Q_{h^*,b}$	kWh	45	947	2.247	3.555	3.503	2.834	2.029	16.634

	111	2.035	4.772	7.549	7.437	6.017	4.309	35.877
<b>Nutzwärmebedarf <math>Q_{V,H}</math> nach Heizbereichen [kWh]</b>								
	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
1 statische Zen	79	1.359	3.169	5.013	4.939	3.996	2.862	24.015
2 Warmluftheizu	32	675	1.603	2.536	2.498	2.021	1.447	11.863
	111	2.035	4.772	7.549	7.437	6.017	4.309	35.877

Wärmeerzeugung siehe Abs.13 Heizsysteme

mit  $Q_{V,H}$  = Nutzwärmebedarf der Zuluftvorwärmung,  $t_{h*,op}$  = Bedarfszeit der Heizregister und  $Q_{h*,b}$  = 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)

$Q_{h*,b}$  nach DIN V 18599-7, Gl.1, Übergabeverluste pauschal 10% (5.4.2)

Leitungsverluste mit  $A_{K,A}$  und  $f_{Vh,d} = 16 \text{ W/m}^2$

### 9.5 Energiebedarf für Zuluftkühlung

#### Zone 10 ELT-Räume

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{V,C}$	kWh	-	-	-	-	0	1	2	9
$t_{C*,op}$	h	-	-	-	-	10	224	267	1.200
$Q_{C*,b}$	kWh	-	-	-	-	0	1	2	9
		-	-	-	-	0	1	2	9

#### Zone 13 Halle

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{V,C}$	kWh	-	-	-	-	141	813	1.546	9.036
$t_{C*,op}$	h	-	-	-	-	12	267	349	1.526
$Q_{C*,b}$	kWh	-	-	-	-	141	813	1.546	9.036
		-	-	-	-	141	814	1.547	9.045

#### Zone 14 Gymnastikräume, Kondition

		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{V,C}$	kWh	-	-	-	-	197	1.140	2.167	12.670
$t_{C*,op}$	h	-	-	-	-	32	362	510	2.414
$Q_{C*,b}$	kWh	-	-	-	-	197	1.140	2.167	12.670
		-	-	-	-	338	1.955	3.715	21.715

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:

$f_{T,c,T3 \text{ Abs.7.3,<4>}} = 0,984$

$f_{T,c,T3 \text{ Abs.7.3,<7>}} = 0,899$

$f_{T,c,T3 \text{ Abs.7.3,<8>}} = 0,899$

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

### 9.6 Energiebedarf für Dampfbefeuchtung

nicht vorgesehen

## 10.0 Beleuchtungssysteme (DIN V 18599-4)

### 10.1 Tageslichtbereiche

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden (17), mit Dachoberlichtern (0)

Bezüge siehe DIN V 18599-4

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

Tageslichtbereiche an vertikalen Fassaden

Tageslichtbereich	Zone	$E_m$ lx	$A_{TL}$ m <sup>2</sup>	$A_{RB}$ m <sup>2</sup>	Tageslicht	$CTL$ %
1 0106-0 FF FE03 Ost	Ost 1	200	27,2	3,8	gering	60
2 0315-0 FF DOB01 Ost	Ost 3	100	13,5	4,7	gut	87
3 0319-0 FF FE01 Nord	Nord 3	100	60,2	26,0	gut	89
4 0320-0 FAW T02 Nord	Nord 3	100	12,0	19,0	gut	99
5 0321-0 FF FE01 West	West 3	100	92,0	38,3	gut	75
6 0323-0 FF DOB01 West	West 3	100	30,8	16,0	gut	91
7 0324-0 FF FE02 Ost	Ost 3	100	87,7	26,1	gut	85
8 0607-0 FF FE04 N-O	N-O 6	100	11,0	1,5	mittel	79
9 0614-0 FF FE03 Nord	Nord 6	100	6,3	6,1	gut	98
10 0706-0 FF FE01 Ost	Ost 7	300	622,2	150,8	mittel	64
11 0708-0 FF FE02 Ost	Ost 7	300	638,2	68,8	mittel	70
12 0710-0 FF FE01 West	West 7	300	162,0	132,4	gut	92
13 0711-0 FAW T02 West	West 7	300	11,8	17,3	gut	93
14 0804-0 FF FE03 West	West 8	300	71,1	28,6	gut	85
15 0807-0 FF FE03 Nord	Nord 8	300	79,1	12,4	gering	60
16 0810-0 FF DOB01 Ost	Ost 8	300	43,7	15,3	gut	91
17 0811-0 FF FE03 Ost	Ost 8	300	83,3	27,4	gut	82

tageslichtversorgte Flächen nach Zonen

Zone	ANGF [m <sup>2</sup> ]	$A_{TL}$ [m <sup>2</sup> ]	$A_{KTL}$ [m <sup>2</sup> ]
7 Sanitärräume	242	27	215
8 Umkleiden, Kopierraum	180	-	180
9 Flure und TRH	1127	296	831
10 ELT-Räume	43	-	43
11 Lager, Archiv	610	-	610
12 Technik	439	17	422
13 Halle	1625	1.434	191
14 Gymnastikräume, Kondi	424	277	147

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

mit  $\alpha_{TL}$  = 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 Tageslichtbereichs

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

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

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

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

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

### 10.2 Teilbetriebsfaktoren Tageslicht

Bereich					CTL	CTL, kon	FTL						
							Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	
							%	%	%	%	%	%	
1	0106-0	FF	FE03	Ost	1	60	50	75	71	68	67	65	65
2	0315-0	FF	DOB01	Os	3	87	55	59	54	49	46	44	44
3	0319-0	FF	FE01	Nor	3	89	60	55	48	44	41	38	38



## 11.0 Klimakältesysteme (DIN V 18599-7)

### 11.1 Kühlenergiebedarf

Ausnutzungsgrad für Wärmequellen (Kühlbilanz)  
Betrachtungsmonat Juli

Zone	Q <sub>sink</sub>	Q <sub>source</sub>	γ	c <sub>wirk</sub>	τ	η
7 Sanitärräume	7	23	3,085	50,000	15,68	0,300
8 Umkleiden, Kopierraum	7	4	0,582	50,000	85,94	0,986
9 Flure und TRH	55	99	1,824	50,000	74,41	0,540
10 ELT-Räume	3	1	0,438	50,000	51,42	0,982
11 Lager, Archiv	40	16	0,405	50,000	52,78	0,988
12 Technik	31	20	0,651	50,000	50,98	0,935
13 Halle	241	403	1,675	50,000	23,24	0,515
14 Gymnastikräume, Kondition	96	229	2,390	50,000	14,32	0,368

### Kühlenergiebedarf

Zone	Dez kWh	Jan kWh	Feb kWh	Mär kWh	Apr kWh	Mai kWh	Jun kWh	Jahr kWh
⇒ Q <sub>C,b</sub> (Raumklima)								
7 Sanitärräume	13	14	13	19	37	122	417	2.245
8 Umkleiden, K	-	-	-	-	-	-	0	2
9 Flure und TR	-	-	-	-	8	99	476	2.112
10 ELT-Räume	-	-	-	-	-	-	0	1
11 Lager, Arch	-	-	-	-	-	-	1	6
12 Technik	-	-	-	-	-	1	8	43
13 Halle	87	102	104	325	1.276	1.876	3.007	16.485
14 Gymnastikrä	1.500	1.546	1.468	2.125	3.139	3.709	4.122	33.659
⇒ Q <sub>C*,b</sub> (RLT)								
10 ELT-Räume	-	-	-	-	0	1	2	9
13 Halle	-	-	-	-	141	813	1.546	9.036
14 Gymnastikrä	-	-	-	-	197	1.140	2.167	12.670

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
7 Sanitärräume	13	2,9	-0,2	nein
8 Umkleiden, Kopierraum	13	0,9	0,2	nein
9 Flure und TRH	13	19,0	12,8	nein
10 ELT-Räume	13	0,2	0,0	ja
11 Lager, Archiv	13	4,2	1,1	nein
12 Technik	13	4,2	1,3	nein
13 Halle	17	77,1	55,6	ja
14 Gymnastikräume, Konditio	17	25,3	18,2	ja

133,8

89,0

$Q_{C,max} = 0,8 \cdot (Q_{source} - Q_{sink}) \cdot (1 + 0,3 \cdot \exp(-\tau/120)) - c_{wirk}/60 \cdot (\Delta\theta - 2) + c_{wirk}/40 \cdot (12 / t_{C-1})$  (T2, C.1)  
 mit  $t_{C,op,d}$  = tägliche Betriebsdauer der Kühlanlage und  $\Delta\theta$  = zul. Temperaturschwankung, Regelwert = 2K

### 11.6 10 ELT-Räume

#### Erzeuger-Nutzkältebedarf

RLT-Klimasystem: Kältesystem Kaltwasser 6/12 °C (43 m²)

10 ELT-Räume

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

$\eta = (4 - \eta_{C^*,ce} - \eta_{C^*,ce,sens} - \eta_{C^*,d}) = 4 - 0,9 - 0,87 - 0,95 = 1,280$  (T7, Tab.13)

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

Raumklimasystem: nicht vorgesehen

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{C^*,b}$	kWh	-	-	-	-	0	1	2	9
$Q_{C^*,outg}$	kWh	-	-	-	-	0	1	2	12
$t_{C^*,op}$	h	-	-	-	-	10	224	267	1.200

#### Hilfsenergiebedarf

Kälteverteilung: Kaltwasserkreis Erzeuger + RLT Pel = 20 W/kW, Verteilung hydraulisch abgeglichen, ungeregelte Pumpe, hydraulisch entkoppelt, saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung, Verteilung außerhalb (REF'09)

Kälteleistung der Versorgungseinheit  $Q_Z = 0,2$  kW, Hilfsenergieaufwand  $W_{Z,d}$

weitere Hilfsenergien ...

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$W_{Z,d}$	kWh	-	-	-	-	0	0	0	0
	kWh	-	-	-	-	0	0	0	0

#### Kälteerzeugung

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

Kältemaschine: (240) 0,2 kW luftgekühlte Kompressionskältemaschinen, Kältemittel R134a, Kaltwasseraustrittstemperatur 6 °C (1), Kolben-/Scrollverdichter, mehrstufig schaltbar (REF), Nennkälteleistungszahl EER = 2,70

Teillast-Kennwerte  $PLV_{AV}$  nach Zonen, Tabellenwerte aus Anhang A:

Kennwerttabellen für Nutzungsarten nach Tab. A.2

10 ELT-Räume, RLT-System,  $PLV_{AV} = 1,28$

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

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{C^*,outg}$	kWh	-	-	-	-	0	1	2	12
$Q_{C,f,el}$	kWh	-	-	-	-	0	0	1	3

### 11.9 13 Halle

#### Erzeuger-Nutzkältebedarf

RLT-Klimasystem: Kältesystem Kaltwasser 6/12 °C (1.625 m²)

### 13 Halle

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

$\eta = (4 - \eta_{C^*,ce} - \eta_{C^*,ce,sens} - \eta_{C^*,d}) = 4 - 0,9 - 0,87 - 0,95 = 1,280$  (T7, Tab.13)

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

Raumklimasystem: nicht vorgesehen

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{C^*,b}$	kWh	-	-	-	-	141	813	1.546	9.036
$Q_{C^*,outg}$	kWh	-	-	-	-	180	1.041	1.979	11.566
$t_{C^*,op}$	h	-	-	-	-	12	267	349	1.526

### Hilfsenergiebedarf

Kälteverteilung: Kaltwasserkreis Erzeuger + RLT Pel = 20 W/kW, Verteilung hydraulisch abgeglichen, unregelmäßige Pumpe, hydraulisch entkoppelt, saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung, Verteilung außerhalb (REF'09)

Kälteleistung der Versorgungseinheit  $Q_Z = 77,1$  kW, Hilfsenergieaufwand  $W_{Z,d}$

weitere Hilfsenergien ...

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$W_{Z,d}$	kWh	-	-	-	-	4	21	40	231
	kWh	-	-	-	-	4	21	40	231

### Kälteerzeugung

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

Kältemaschine: (240) 77,1 kW luftgekühlte Kompressionskältemaschinen, Kältemittel R134a, Kaltwasseraustrittstemperatur 6 °C (1), Kolben-/Scrollverdichter, mehrstufig schaltbar (REF), Nennkälteleistungszahl EER = 2,70

Teillast-Kennwerte  $PLV_{AV}$  nach Zonen, Tabellenwerte aus Anhang A:

Kennwerttabellen für Nutzungsarten nach Tab. A.2

13 Halle, RLT-System,  $PLV_{AV} = 1,25$

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

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
$Q_{C^*,outg}$	kWh	-	-	-	-	180	1.041	1.979	11.566
$Q_{C,f,el}$	kWh	-	-	-	-	53	308	586	3.427

### 11.10 14 Gymnastikräume, Kondition

#### Erzeuger-Nutzkältebedarf

RLT-Klimasystem: Kältesystem Kaltwasser 6/12 °C (424 m²)

14 Gymnastikräume Kondition

Erzeuger-Nutzkältebedarf  $Q_{C^*,outg} = Q_{C^*,b} \cdot \eta$  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

Raumklimasystem: Raumkühlung Kaltwasser 6/12 (REF) (424 m²)

14 Gymnastikräume Kondition

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

$\eta = (4 - \eta_{C,ce} - \eta_{C,ce,sens} - \eta_{C,d}) = 4 - 1,0 - 0,87 - 0,9 = 1,230$  (T7, Tab.14)

Bedarfszeit der Raumkühlung  $t_{C,op}$  nach T2, Anhang D mit der Mindestauslastung  $\beta_{C,grenz} = 0,30$

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
Q <sub>C*,b</sub>	kWh	-	-	-	-	197	1.140	2.167	12.670
Q <sub>C*,outg</sub>	kWh	-	-	-	-	238	1.380	2.623	15.331
Q <sub>C,b</sub>	kWh	1.500	1.546	1.468	2.125	3.139	3.709	4.122	33.659
Q <sub>C,outg</sub>	kWh	1.845	1.902	1.805	2.613	3.861	4.562	5.070	41.400
t <sub>C*,op</sub>	h	-	-	-	-	32	362	510	2.414
t <sub>C,op</sub>	h	527	527	476	527	510	527	510	6.205

#### Hilfsenergiebedarf

Sekundärventilatoren zur Raumkühlung Kaltwasser Ventilator-konvektoren 14°C, Brüstungs- und Deckengeräte

Kälteverteilung: Kaltwasserkreis Erzeuger + RLT + Raumkühlung, Pel = 50 W/kW, Verteilung hydraulisch abgeglichen, geregelte / ungeregelte Pumpe, hydraulisch entkoppelt, saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung, Verteilung außerhalb  
Kälteleistung der Versorgungseinheit Q<sub>Z</sub> = 25,2 kW, Hilfsenergieaufwand W<sub>Z,d</sub>

weitere Hilfsenergien ...

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
Q <sub>C,ce,aux</sub>	kWh	68	70	60	96	138	168	181	1.503
W <sub>Z,d</sub>	kWh	92	95	90	131	205	297	385	2.837
	kWh	160	165	150	227	343	465	566	4.339

#### Kälteerzeugung

Kältespeicherung: Speicherverluste Q<sub>C,s</sub> nicht vorhanden

Kältemaschine: (240) 25,2 kW luftgekühlte Kompressionskältemaschinen, Kältemittel R134a, Kaltwasseraustrittstemperatur 6 °C (1), Kolben-/Scrollverdichter, mehrstufig schaltbar (REF), Nennkälteleistungszahl EER = 2,70

Teillast-Kennwerte PLV<sub>AV</sub> nach Zonen, Tabellenwerte aus Anhang A:

Kennwerttabellen für Nutzungsarten nach Tab. A.2

14 Gymnastikräume, Kondition, RLT-System, PLV<sub>AV</sub> = 1,29

14 Gymnastikräume, Kondition, Raumklimasystem, PLV<sub>AV</sub> = 1,36

elektrischer Endenergiebedarf Kältemaschine Q<sub>C,f,el</sub> = Q<sub>C,outg</sub> / (EER \* PLV<sub>AV</sub>)

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
Q <sub>C*,outg</sub>	kWh	-	-	-	-	238	1.380	2.623	15.331
Q <sub>C,outg</sub>	kWh	1.845	1.902	1.805	2.613	3.861	4.562	5.070	41.400
Q <sub>C,f,el</sub>	kWh	503	518	492	712	1.120	1.639	2.134	15.676

#### 11.11 Endenergie Klimasysteme

Endenergie Klimakälte W<sub>C,f</sub>, Endenergie Dampf Q<sub>m\*,f</sub> und Hilfsendenergie Q<sub>C,aux</sub>

Endenergie nach Energieträgern ohne Hilfsendenergie

Monat		Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jahr
W <sub>C,f</sub>	kWh	503	518	492	712	1.173	1.947	2.720	19.106
Q <sub>C,aux</sub>	kWh	160	165	150	227	346	486	605	4.571
Strom-Mix	kWh	503	518	492	712	1.173	1.947	2.720	19.106

Für die Referenzberechnung werden in den Zonen 4 (220 Lager, Technik, Archiv), 7 (231 Turnhalle (ohne Zuschauerbereich)) nur 50% des Nutzenergiebedarfs angerechnet (GEG A2)

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

Strom-Mix	kWh	503	518	492	712	1.147	1.793	2.427	17.391
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-------	-------	-------	--------

## 12.0 Warmwassersysteme (DIN V 18599-8)

### 12.1 Nutzenergiebedarf Warmwasser

Zone	Nutzung	Q <sub>w,b</sub> kWh/d	je	Menge	Q <sub>w,b, Jan</sub> kWh/M
7 Sanitärräume	Schule mit Dusc	0,500	m <sup>2</sup> Klassenräu	1625	17.256 c
8 Umkleiden, Kopiererr	nicht relevant				-
9 Flure und TRH	nicht relevant				-
10 ELT-Räume	nicht relevant				-
11 Lager, Archiv	nicht relevant				-
12 Technik	nicht relevant				-
13 Halle	nicht relevant				-
14 Gymnastikräume, K	nicht relevant				-

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

c) Flächenbezug ist die Nettogrundfläche ANGf

### 12.2 Eingesetzte Warmwassersysteme

Versorgungsbereich	Zonen (n)	f <sub>Zapf</sub>	Q <sub>w,b</sub> kWh/Jahr
1 zentrale WW-Versorgung	100% 1/	1,00	203.175
2			

### 12.3 Verteilungsnetze

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1

Verteilsystem: mit Zirkulation, Zirkulationsbetrieb an z = 11,0 h/d

Wärmedurchgangskoeffizient U<sub>i</sub>, 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 = 0,00 m<sup>3</sup>/h,  $\Delta p = 28,7$  kPa,  $P_{hydr} = 0,000$  kPa\*m<sup>3</sup>/h,  $e_{w,d,aux} = 1,4$

Elektrische Leistungsaufnahme P<sub>p</sub> = unbekannt, geregelt, bedarfsorientiert

Verteilung (V)					Stränge (S)		Stichtlg. (St)	
<hr/>								
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1								
Leitungslängen $l_i$		0 m			0 m		60 m	
Wärmedurchgangskoeffizient $U_i$							0,255 W/(mK)	
Warmwassertemperatur $\theta_{w,av}$							32,9 °C	
Umgebungstemperatur $\theta_{I,Jan}$							19,9 °C	
Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1

Q <sub>w,b</sub>	kWh	16.699	17.256	16.699	17.256	17.256	15.586	17.256	203.175
Q <sub>w,d, St</sub>	kWh	92	98	97	101	101	91	100	1.149

$Q_{W,d}$	kWh	92	98	97	101	101	91	100	1.149
$W_{W,d}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$Q_{I,W,d}$	kWh	92	98	97	101	101	91	100	1.149

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

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

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

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

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

## 12.4 Warmwasserspeicher

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1

indirekt beheizter Speicher, bivalent mit Solarteil, Speichervolumen  $V_{aux} = 3.163$ ,  $V_{sol} = 4.900$  Liter

Bereitschafts-Wärmeverlust  $Q_{S,P0,day} = 0,0$  kWh/d

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  $P_p = 550$  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 1									
$Q_{W,outg}$	kWh	16.792	17.354	16.796	17.357	17.357	15.677	17.356	204.324
$Q_{W,S}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-
$W_{W,S}$	kWh	423	437	423	438	438	395	438	5.151

## 12.5 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1

Solaranlage (1), Klimaregion 4

Kollektoren mit Apertur  $A_C = 125,7$  m², Orientierung = Süd -45,0 °, Neigung zur Horizontalen = 30,0 °

Solarspeicher mit  $V_{sol} = 4.900$  und  $V_{aux} = 3.163$  Liter

Energieertrag der thermischen Solaranlage nach T8, Abs. 6.4.3 = 59.789 kWh/a (Klimaregion 4 Potsdam (Deutschland)), davon nutzbar 59.789 kWh/a für Warmwasser (Deckungsanteil 26,6%), Korrekturen für abweichende Kollektor- / Speichergröße nach Gl.67 mit  $A_{C,Soll} = 380,14$  m² und  $V_{Soll} = 18553 + 11977$  Liter, Hilfsenergiebedarf der Solarpumpe vereinfachend  $W_{W,gen} = 0.025 * Q_{W,sol}$

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1									
$Q_{W,sol}$	kWh	5.838	4.606	1.449	789	1.705	1.321	3.911	59.789
$W_{W,gen}$	kWh	146	115	36	20	43	33	98	1.495

## 12.6 Nutzwärmebedarf der Warmwassererzeugung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1									
$Q_{W,outg}$	kWh	10.954	12.747	15.347	16.569	15.652	14.356	13.445	144.535

## 12.7 Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung

nicht vorgesehen

## 12.8 Wärmeerzeugung

(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1

Wärmeerzeuger 283 Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283) 154,0 kW (Erdgas), siehe Heizbereich 1

Wirkungsgrad bei Nennwärmeleistung  $\eta_{k,Pn} = 96,2\%$ , Bereitschaftswärmeverlust  $q_{P0,70} = 0,0053$  kW elektrische Leistungsaufnahme im Betrieb  $P_{aux,Pn} = 505$  W, im Schlummerbetrieb  $P_{aux,P0} = 15$  W mittlere Kesseltemperatur 45 °C, Kesselaufstellung im unbeheizten Bereich (13 °C)

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) "zentrale WW-Versorgung", Zonen 1									
$Q_{w,outg}$	kWh	10.954	12.747	15.347	16.569	15.652	14.356	13.445	144.535
$t_{w,Pn,d}$	h/d	3,5	3,9	4,8	5,1	4,8	4,9	4,1	
$Q_{w,g}$	kWh	291	344	515	581	518	483	382	4.235
$Q_{w,f}$	kWh	11.245	13.091	15.862	17.149	16.170	14.839	13.827	148.770
$W_{w,gen}$	kWh	38	42	50	54	51	47	44	496

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

## 12.9 Endenergie Warmwasserbereitung

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{w,outg}$	kWh	16.792	17.354	16.796	17.357	17.357	15.677	17.356	204.324
$Q_{w,f}$	kWh	11.245	13.091	15.862	17.149	16.170	14.839	13.827	148.770
$W_{w,f}$	kWh	607	594	510	512	531	475	579	7.141
solar	kWh	5.838	4.606	1.449	789	1.705	1.321	3.911	59.789
Erdgas	kWh	11.245	13.091	15.862	17.149	16.170	14.839	13.827	148.770
$Q_{I,w,<1>}$	kWh/d	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,3	3,2	

$Q_{w,outg} / Q_{w,f}$  = 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
7 Sanitärräume	2,1	0,6	3632	15,8	18,5
8 Umkleiden, Kopierraum	2,2	0,6	9	0,0	2,8
9 Flure und TRH	16,3	4,0	0	0,0	20,3
10 ELT-Räume	1,0	0,2	6	0,0	1,2

11 Lager, Archiv	13,5	2,3	99	0,4	16,1
12 Technik	9,6	2,1	0	0,0	11,7
13 Halle	43,7	15,3	4856	21,1	80,1
14 Gymnastikräume, Konditio	7,8	1,4	4676	19,1	28,2

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

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

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

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

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

### 13.2 Eingesetzte Heizsysteme

Anlage	Versorgungsbereich	Zone (n)	$Q_{h,b}$ kWh/Jahr	$\Phi_{h,max}$ kW	$Q_{N,h}$ kW
1 statische Zentralheizung (REF	100%	*	149.287	98,8	154,0
2 Warmluftheizung, Luftauslässe	100%	7/	118.884	80,1	91,5
3					

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

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

<2> hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich,  $n \leq 10$ , Deckenauslass ohne Umwälzung,  
 $\theta_{str} = 0,60$  K/m

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
$Q_{h,b}, <1>$	kWh	3.600	10.592	17.893	22.853	22.440	18.968	16.221	125.272
$Q_{h*,b}, <1>$	kWh	79	1.359	3.169	5.013	4.939	3.996	2.862	24.015
$Q_{h,b}, <2>$	kWh	1.791	7.423	16.149	22.201	21.514	17.874	13.338	107.021
$Q_{h*,b}, <2>$	kWh	32	675	1.603	2.536	2.498	2.021	1.447	11.863

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

### 13.3 Heizzeiten

#### (1) Bereich "statische Zentralheizung (REF '20)", Leitzone 14 Gymnastikräume, Kondition

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <8>$	h/m	720	744	720	744	744	672	744	7.861
$t_{h,rL,d} <8>$	h/d	17	17	19	20	20	20	19	
$d_{h,rB} <8>$	d/m	30	31	30	31	31	28	31	328
$t_{h,rL} <8>$	h/m	510	532	566	617	616	548	579	5.940

#### (2) Bereich "Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)", Leitzone 13 Halle

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$t_h <7>$	h/m	455	744	720	744	744	672	744	6.156
$t_{h,rL,d} <7>$	h/d	17	17	17	17	17	17	17	
$d_{h,rB} <7>$	d/m	13	23	24	26	26	23	25	202
$t_{h,rL} <7>$	h/m	223	395	414	448	447	399	424	3.435

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

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

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

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

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

### 13.4 Heizwärmeübergabe

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

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

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

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (Gl.34) (13,3%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse:

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

hydraulischer Abgleich statisch mit Gruppenabgleich,  $n \leq 10$ , Deckenauslass ohne Umwälzung,  $\theta_{str} = 0,60 \text{ K/m}$

Summe der Temperaturschwankungen  $\Delta\vartheta_{ce} = 0,2+2,134 = 2,33^\circ\text{K}$  (T5 Gl.35)

$Q_{h,ce} = Q_{h,b} * \Delta\vartheta_{ce} / (T_{i,h} - T_e)$  (Gl.34) (17,7%)

Hilfsenergie der Wärmeübertragungsprozesse: direkter Warmlufterzeuger, Radialventilator,

$f_{h,ce,aux} = 0,018$

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

Nutzwärmebedarf, Verluste und Hilfsenergie der Wärmeübergabe

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
<b>(1) statische Zentralheizung (REF '20)</b>									
$Q_{h,b}$	kWh	3.600	10.592	17.893	22.853	22.440	18.968	16.221	125.272
$Q_{h,ce}$	kWh	1.179	1.883	2.101	2.234	2.205	1.956	1.979	16.688
<b>(2) Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)</b>									
$Q_{h,b}$	kWh	1.791	7.423	16.149	22.201	21.514	17.874	13.338	107.021
$Q_{h,ce}$	kWh	954	1.956	2.713	3.055	2.978	2.614	2.334	18.972
$W_{h,ce}$	kWh	32	134	291	400	387	322	240	1.926
$Q_{l,h,ce}$	kWh	32	134	291	400	387	322	240	1.926
$\Sigma Q_{h,b+ce}$	kWh	7.525	21.854	38.855	50.343	49.137	41.412	33.872	267.953

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

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

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

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 ( $h_R > 4\text{m}$ , Gl.49)

### 13.5 Heizwärmeverteilung

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

Hilfsenergiebedarf  $W_{h,d}$  der Heizungspumpe

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

System: (DIN V 18599-5:2018) Nutzungstyp "4 Sporthallen, Umkleiden", Netztyp 2

Etagenverteiltertyp, Leitungslängen nach Abs.6.3 mit  $A_{Nutz,Heizbereich} = 3065,5 \text{ m}^2$ , Geschosshöhe

i.M. = 5,00 m, 3 Geschosse. manuell

Vor- / Rücklauftemperatur (Auslegung)  $\theta_{VA} = 55\text{ °C}$  /  $\theta_{RA} = 45\text{ °C}$ ,  $T_{i,\text{Soll}, <8>} = 20,0\text{ °C}$   
 Wärmedurchgangszahlen  $U_i$  nach Tab.16, gedämmte Leitungen nach 1995

Heizungspumpe: Differenzdruck des Verteilsystems = 27 kPa (aus Rohrleitung, Erzeuger, Wärmemengenzähler, Strangarmaturen)

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

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

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

Verteilung nicht vorgesehen

	Verteilung (V)	Stränge (S)	Anbindung (A)
(1) statische Zentralheizung (REF '20)			
Leitungslängen $l_i$	550,1 m	82,7 m	1.984,9 m
Wärmedurchgangszahlen $U_i$	0,200 W/(mK)	0,255 W/(mK)	0,255 W/(mK)
Umgebungstemperaturen $\theta_{I,i}$	13,0 °C	20,0 °C	20,0 °C

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

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
(1) statische Zentralheizung (REF '20)								
$\beta_{h,d}$	0,07	0,17	0,28	0,34	0,34	0,32	0,25	
$\theta_{VL,av}$ °C	24,4	29,0	33,2	35,3	35,1	34,4	32,0	
$\theta_{RL,av}$ °C	23,1	26,4	29,4	30,9	30,8	30,3	28,6	
$Q_{h,d}$ kWh	1.612	3.013	4.519	5.629	5.547	4.730	4.234	33.265
$W_{h,d}$ kWh	29	38	44	50	50	44	43	407
$Q_{l,h,d}$ kWh	1.008	2.154	3.378	4.264	4.197	3.564	3.134	24.929

Leitungsverluste  $Q_{h,d} = 12,4\%$ , unregelmäßige Wärmeeinträge  $Q_{l,h,d} = 9,3\%$   
 Aufteilung  $Q_{l,h,d}$ : nach Grundflächenanteilen

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

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

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

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

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

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

### 13.6 Nutzwärmebedarf der Erzeugung

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}^*$ kWh	6.470	16.847	27.681	35.729	35.131	29.650	25.296	199.240

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

Monat	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,out}^*$ kWh	2.777	10.054	20.465	27.791	26.990	22.509	17.119	137.855

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

$Q_{h,out}^*$  = 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

nicht vorgesehen

### 13.8 solare Heizungsunterstützung

nicht vorgesehen

### 13.9 Heizungswärmepumpen

nicht vorgesehen

### 13.10 Konventionelle Heizwärmeerzeuger

Heizbereiche (1) (2)

(1) "statische Zentralheizung (REF '20)", Zonen 1/2/3/4/5/6/8 ( $A_{NGF} = 3.066 \text{ m}^2$ )

Heizung mit einem konventionellen Wärmeerzeuger

1. Brennwertkessel, verbessert ab 1999 (283),  $P_n = 154,0 \text{ kW}$  (Erdgas)

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

Tageslaufzeit zur TW-Erwärmung  $t_{w,100,\text{Jan}} = 4,78 \text{ h/d}$

Kesselwirkungsgrade, Prüfstand  $\eta_{k,Pn} = 0,962$  (Nennlast),  $\eta_{k,Pint} = 1,052$  (Teillast)

Bereitschaftswärmeverlust  $q_{P0,70} = 0,0053 \text{ kW}$ , monatliche Belastungsgrade  $\beta_h$  siehe Tabelle

Verlustleistungen im Januar  $P_{gen,Pn} = 11,74 \text{ kW}$ ,  $P_{gen,Pint} = 2,81 \text{ kW}$ ,  $P_{gen,P0} = 0,42 \text{ kW}$  (Gl.183 ff)

elektrische Leistungsaufnahme  $P_{aux,Pn} = 0,505 \text{ kW}$ ,  $P_{aux,Pint} = 0,168 \text{ kW}$ ,  $P_{aux,P0} = 0,015 \text{ kW}$

(2) "Warmluftheizung, Luftauslässe seitlich (REF '20)", Zonen 7 ( $A_{NGF} = 1.625 \text{ m}^2$ )

Heizung dezentrale Warmluftheizung, nicht kondensierend mit konstanter Verbrennungsluftmenge

Dezentrale Hallenheizung 92,0 kW, Energieträger Erdgas

Verluste der Wärmeerzeugung  $Q_{h,gen} = (f_{Hs/Hi} / \eta_{h,gen} - 1) * Q_{h,outg}$  mit  $\eta_{h,gen}$  nach Tab.52

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

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

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

(1) statische Zentralheizung (REF '20)

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	6.470	16.847	27.681	35.729	35.131	29.650	25.296	199.240
$\beta_{h,1}$		0,10	0,27	0,43	0,50	0,49	0,47	0,36	
$Q_{h,gen,1}$	kWh	139	619	1.404	2.132	2.064	1.663	1.173	9.836
$Q_{h,f}$	kWh	6.787	17.673	29.410	38.239	37.564	31.634	26.753	211.507
$W_{h,gen}$	kWh	31	65	99	125	123	104	92	761

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

Monat		Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Jahr
$Q_{h,outg}$	kWh	2.777	10.054	20.465	27.791	26.990	22.509	17.119	137.855
$Q_{h,gen}$	kWh	610	2.210	4.498	6.108	5.932	4.947	3.762	30.298
$Q_{h,f}$	kWh	3.388	12.264	24.963	33.899	32.922	27.456	20.882	168.153
$W_{h,gen}$	kWh	-	-	-	-	-	-	-	-

### 13.11 Endenergie Heizwärme

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

$Q_{h,f}$	kWh	10.175	29.937	54.373	72.138	70.486	59.090	47.634	379.660
$W_h$	kWh	92	236	434	574	560	470	376	3.094
Erdgas	kWh	10.161	29.920	54.343	72.138	70.448	59.090	47.634	379.543
$Q_{I,h,<1>}$	kWh/d	2,7	5,5	8,9	10,9	10,7	10,1	8,0	
$Q_{I,h,<2>}$	kWh/d	2,0	4,1	6,6	8,1	8,0	7,5	6,0	
$Q_{I,h,<3>}$	kWh/d	12,4	25,6	41,4	50,6	49,8	46,8	37,2	
$Q_{I,h,<4>}$	kWh/d	0,5	1,0	1,6	1,9	1,9	1,8	1,4	
$Q_{I,h,<5>}$	kWh/d	6,7	13,8	22,4	27,4	26,9	25,3	20,1	
$Q_{I,h,<6>}$	kWh/d	4,8	9,9	16,1	19,7	19,4	18,2	14,5	
$Q_{I,h,<7>}$	kWh/d	1,1	4,3	9,7	12,9	12,5	11,5	7,7	
$Q_{I,h,<8>}$	kWh/d	4,6	9,6	15,5	19,0	18,7	17,6	14,0	

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

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

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

Die Energieanteile nach Energieträgern werden bei Bedarf nach anteiliger Kesselbelastung aufgeteilt

Unregelmäßige Wärmeeinträge werden bei Bedarf flächengewichtet auf die Zonen aufgeteilt

## 14.0 Energiebedarf (DIN V 18599-1)

### 14.1 Stromerzeugende Systeme

Eine BHKW-Anlage ist nicht vorgesehen

Strom aus erneuerbaren Energiequellen steht nicht zur Verfügung

### 14.2 Energiebedarf nach Energieträgern

Energieträger	Prozessbereich	Zonen	Endenergie kWh/a	$f_P$	$f_{Hs/Hi}$	$Q_P$ kWh/a
Erdgas	Heizwärme	*	379.543	1,10	1,11	376.123
solar	Warmwasser		59.789	0,00	1,00	-
Erdgas	Warmwasser	1/	148.770	1,10	1,11	147.430
Strom-Mix	Klimakälte	4/7/8/	17.391	1,80	1,00	31.304
Strom-Mix	Beleuchtung	**	60.371	1,80	1,00	108.668
Strom-Mix	Hilfsenergie		68.142	1,80	1,00	122.655
$\Sigma$ [kWh/Jahr]			734.006			786.180

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

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

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

Jahres-Primärenergiebedarf  $q_P = 786.180 / 4.691 = 167,6$  kWh/(m²a) ( $\Sigma A_{NGF} = 4.691$  m²)

Endenergie (brennwertbezogen) = Jahressummen aus den Prozessbereichen

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

Endenergiebedarf: Hilfsenergie 14,5 kWh/(m²a), Erdgas 112,6 kWh/(m²a), solar 12,7 kWh/(m²a), Strom-Mix 16,6 kWh/(m²a)

### Treibhausgasemissionen (CO2)

Energieträger	Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor g CO2/kWh	Emissionen kg/a	kg/ (m² a)
Erdgas	341.930	240	82.063	

solar	59.789		-
Erdgas	134.027	240	32.166
Strom-Mix	17.391	560	9.739
Strom-Mix	60.371	560	33.808
Strom-Mix	68.142	560	38.159
	681.650		195.936
			41,8

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

#### 14.3 Endenergiebedarf nach Zonen

siehe Abschnitt		RLT 9	Beleucht. 10	Klima 11	Warmwasser 12	Heizung 13	Summe
Zone	m <sup>2</sup>	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a
7 Sanitärräume	242	-	3.762	-	208.559	15.461	227.782
8 Umkleiden, Kopi	180	-	259	-	-	12.585	12.844
9 Flure und TRH	1.127	-	3.460	-	-	76.946	80.406
10 ELT-Räume	43	-	58	3	-	3.490	3.551
11 Lager, Archiv	610	-	834	-	-	47.695	48.528
12 Technik	439	-	589	-	-	36.950	37.540
13 Halle	1.625	-	30.646	3.427	-	168.153	202.227
14 Gymnastikräume	424	-	20.763	15.676	-	18.401	54.840
Gebäude	4.691	-	60.371	19.106	208.559	379.681	667.718

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	11,4	12,9	15,3	43,3	57,2	140,0
Endenergiebedarf	11,4	12,9	4,7	46,0	81,6	156,5
Primärenergiebedarf	20,5	23,2	8,4	34,2	81,4	167,6

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

#### 15.0 Primärenergie-Referenzwert

vorh q<sub>P</sub> = 167,6 kWh/(m<sup>2</sup>a)



## **Anhang E**

### **Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02**

S:\B\Proj\164\B164704\B164704\_16\_BER\_1D.DOCX:05.06.2023



# Sommerlicher Wärmeschutz

## Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02

**Objekt** Schulcampus Deisenhofen, Mensa/Mehrzweckhalle

**Nachweis erstellt am** 05.06.2023

Raum / Raumbereich: S.-1.18 Halle (Gesamt)

Sommerklima-region B

Grundlage: Planstand Design Freeze LP3 vom 24.02.2023

Raumgrundfläche:  $1260,35\text{m}^2$  (Halle) +  $117,81\text{m}^2$  (Tribüne) +  $223,93\text{m}^2$  (Tribüne) =  $1602,09\text{m}^2$

Fenster Ost / vertikale Markise  $F_c \leq 0,3$

Fenster Ost Dachversprung / kein Sonnenschutz

Fenster West / vertikale Markise  $F_c \leq 0,3$

Fenstertür West / kein Sonnenschutz

mittlere Bauart

keine Nachtlüftung

keine passive Kühlung

Verglasung mit  $g \leq 0,4$

Nettogrundfläche $A_G$	Nutzung	Bauart
1.602,09 m <sup>2</sup>	Nichtwohngebäude	mittel

Zugehörige Fenster

Bezeichnung	Orientierung	Neigung	Fläche $A_w$	g-Faktor	$F_c$	$F_{c, \text{permanent}}$	$F_s$	$A_w \cdot g \cdot F_c \cdot F_s$
Fenster Ost	Ost	90,0	121,38 m <sup>2</sup>	0,40	0,30	1,00	1,00	14,57 m <sup>2</sup>
Fenster Ost - Sonnenschutz / Verschattung: Markise, parallel zur Verglasung / keine Verschattung								
Fenster Ost Dachversprung	Ost	90,0	65,15 m <sup>2</sup>	0,40	1,00	1,00	1,00	26,06 m <sup>2</sup>
Fenster Ost Dachversprung - Sonnenschutz / Verschattung: Ohne Sonnenschutzvorrichtungen / keine Verschattung								
Fenster West	West	90,0	103,21 m <sup>2</sup>	0,40	0,30	1,00	1,00	12,39 m <sup>2</sup>
Fenster West - Sonnenschutz / Verschattung: Markise, parallel zur Verglasung / keine Verschattung								
Fenstertür West	West	90,0	38,15 m <sup>2</sup>	0,40	1,00	1,00	1,00	15,26 m <sup>2</sup>
Fenstertür West - Sonnenschutz / Verschattung: Ohne Sonnenschutzvorrichtungen / keine Verschattung								
Summe			327,89 m <sup>2</sup>					68,27 m <sup>2</sup>

# Sommerlicher Wärmeschutz

## Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02

**Objekt** Schulcampus Deisenhofen, Mensa/Mehrzweckhalle

**Nachweis erstellt am** 05.06.2023

Raum / Raumbereich: S.-1.18 Halle (Gesamt)

Sommerklima-region B

Sonneneintragskennwert  $S = \text{Summe } (A_w \cdot g \cdot F_c \cdot F_s) / A_G$  0,043

Bestimmung des zulässigen Sonneneintragskennwertes  $S_{\text{zulässig}}$

Anteile	Anteiliger Sonneneintragskennwert
S <sub>1</sub> : mittlere Bauart, erhöhte Nachtlüftung	0,081
S <sub>2</sub> : Grundflächenbezogener Flächenanteil ( $f_{WG} = 0,205$ )	0,006
S <sub>3</sub> : Fenster mit Sonnenschutzglas ( $A_{W,glot \leq 0,4} = 327,89 \text{ m}^2$ )	0,030
S <sub>4</sub> : Fensterneigung $< 60^\circ$ ( $f_{neig} = 0,000$ )	0,000
S <sub>5</sub> : Orientierung ( $f_{nord} = 0,000$ )	0,000
S <sub>6</sub> : Ohne Einsatz passiver Kühlung	0,000
Summe = $S_{\text{zulässig}}$	0,117

Der Sonneneintragskennwert  $S = 0,043$  ist kleiner gleich als der zulässige Sonneneintrags-Höchstwert  $S_{\text{zulässig}} = 0,117$

Die Anforderungen für den Raum "S.-1.18 Halle (Gesamt)" nach DIN 4108-2:2013-02 sind erfüllt

# Sommerlicher Wärmeschutz

## Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02

**Objekt** Schulcampus Deisenhofen, Mensa/Mehrzweckhalle

**Nachweis erstellt am** 05.06.2023

Raum / Raumbereich: S.-1.18 Halle (Mitte)

Sommerklimaregion B

Grundlage: Planstand Design Freeze LP3 vom 24.02.2023

Raumgrundfläche: 415,50m<sup>2</sup> (Halle) + 113,40m<sup>2</sup> (Tribüne) = 528,90m<sup>2</sup>

Fenster Ost / vertikale Markise  $F_c \leq 0,3$

Fenster Ost Dachversprung / kein Sonnenschutz

Fenster West / vertikale Markise  $F_c \leq 0,3$

Fenstertür West / kein Sonnenschutz

mittlere Bauart

keine Nachtlüftung

keine passive Kühlung

Verglasung mit  $g \leq 0,4$

Nettogrundfläche $A_G$	Nutzung	Bauart
528,90 m <sup>2</sup>	Nichtwohngebäude	mittel

Zugehörige Fenster

Bezeichnung	Orientierung	Neigung	Fläche $A_w$	g-Faktor	$F_c$	$F_{c,permanent}$	$F_s$	$A_w \cdot g \cdot F_c \cdot F_s$
Fenster Ost	Ost	90,0	39,74 m <sup>2</sup>	0,40	0,30	1,00	1,00	4,77 m <sup>2</sup>
Fenster Ost - Sonnenschutz / Verschattung: Markise, parallel zur Verglasung / keine Verschattung								
Fenster Ost Dachversprung	Ost	90,0	21,51 m <sup>2</sup>	0,40	1,00	1,00	1,00	8,60 m <sup>2</sup>
Fenster Ost Dachversprung - Sonnenschutz / Verschattung: Ohne Sonnenschutzvorrichtungen / keine Verschattung								
Fenster West	West	90,0	37,29 m <sup>2</sup>	0,40	0,30	1,00	1,00	4,47 m <sup>2</sup>
Fenster West - Sonnenschutz / Verschattung: Markise, parallel zur Verglasung / keine Verschattung								
Fenstertür West	West	90,0	9,32 m <sup>2</sup>	0,40	1,00	1,00	1,00	3,73 m <sup>2</sup>
Fenstertür West - Sonnenschutz / Verschattung: Ohne Sonnenschutzvorrichtungen / keine Verschattung								
Summe			107,86 m <sup>2</sup>					21,58 m <sup>2</sup>

# Sommerlicher Wärmeschutz

## Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02

**Objekt** Schulcampus Deisenhofen, Mensa/Mehrzweckhalle

**Nachweis erstellt am** 05.06.2023

Raum / Raumbereich: S.-1.18 Halle (Mitte)

Sommerklima-region B

Sonneneintragskennwert  $S = \text{Summe } (A_w \cdot g \cdot F_c \cdot F_s) / A_G$  0,041

Bestimmung des zulässigen Sonneneintragskennwertes  $S_{\text{zulässig}}$

Anteile	Anteiliger Sonneneintragskennwert
S <sub>1</sub> : mittlere Bauart, erhöhte Nachtlüftung	0,081
S <sub>2</sub> : Grundflächenbezogener Flächenanteil ( $f_{\text{WG}} = 0,204$ )	0,007
S <sub>3</sub> : Fenster mit Sonnenschutzglas ( $A_{\text{W,glot} \leq 0,4} = 107,86 \text{ m}^2$ )	0,030
S <sub>4</sub> : Fensterneigung $< 60^\circ$ ( $f_{\text{neig}} = 0,000$ )	0,000
S <sub>5</sub> : Orientierung ( $f_{\text{nord}} = 0,000$ )	0,000
S <sub>6</sub> : Ohne Einsatz passiver Kühlung	0,000
Summe = $S_{\text{zulässig}}$	0,118

Der Sonneneintragskennwert  $S = 0,041$  ist kleiner gleich als der zulässige Sonneneintrags-Höchstwert  $S_{\text{zulässig}} = 0,118$

Die Anforderungen für den Raum "S.-1.18 Halle (Mitte)" nach DIN 4108-2:2013-02 sind erfüllt

# Sommerlicher Wärmeschutz

## Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2:2013-02

**Objekt** Schulcampus Deisenhofen, Mensa/Mehrzweckhalle

**Nachweis erstellt am** 05.06.2023

Raum / Raumbereich: S.1.03 Gymnastikraum

Sommerklima-region B

Grundlage: Planstand Design Freeze LP3 vom 24.02.2023

Raumgrundfläche: 153,60m<sup>2</sup>

Fenster Nord / kein Sonnenschutz

Fenster West / vertikale Markise  $F_c \leq 0,3$

mittlere Bauart

erhöhte Nachtlüftung  $n > 2,0/h$  möglich

keine passive Kühlung

Verglasung mit  $g \leq 0,4$

Nettogrundfläche $A_G$	Nutzung	Bauart
153,60 m <sup>2</sup>	Nichtwohngebäude	mittel

Zugehörige Fenster

Bezeichnung	Orientierung	Neigung	Fläche $A_w$	g-Faktor	$F_c$	$F_{c,permanent}$	$F_s$	$A_w * g * F_c * F_s$
Fenster Nord	Nord	90,0	12,38 m <sup>2</sup>	0,40	1,00	1,00	1,00	4,95 m <sup>2</sup>
Fenster Nord - Sonnenschutz / Verschattung: ohne Sonnenschutzvorrichtung / keine Verschattung								
Fenster West	West	90,0	27,97 m <sup>2</sup>	0,40	0,30	1,00	1,00	3,36 m <sup>2</sup>
Fenster West - Sonnenschutz / Verschattung: Markise, parallel zur Verglasung / keine Verschattung								
Summe			40,35 m <sup>2</sup>					8,31 m <sup>2</sup>

Sonneneintragskennwert  $S = \text{Summe } (A_w * g * F_c * F_s) / A_G$  0,054

Bestimmung des zulässigen Sonneneintragskennwertes  $S_{zulässig}$

Anteile	Anteiliger Sonneneintragskennwert
$S_1$ : mittlere Bauart, erhöhte Nachtlüftung	0,081
$S_2$ : Grundflächenbezogener Flächenanteil ( $f_{WG} = 0,263$ )	0,000
$S_3$ : Fenster mit Sonnenschutzglas ( $A_{w,glot \leq 0,4} = 40,35 \text{ m}^2$ )	0,030
$S_4$ : Fensterneigung $< 60^\circ$ ( $f_{neig} = 0,000$ )	0,000
$S_5$ : Orientierung ( $f_{nord} = 0,307$ )	0,031
$S_6$ : Ohne Einsatz passiver Kühlung	0,000
Summe = $S_{zulässig}$	0,141

Der Sonneneintragskennwert  $S = 0,054$  ist kleiner gleich als der zulässige Sonneneintrags-Höchstwert  $S_{zulässig} = 0,141$

Die Anforderungen für den Raum "S.1.03 Gymnastikraum" nach DIN 4108-2:2013-02 sind erfüllt